



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

RISTO PIRHONEN
VIRTAKISKOJEN MITOITUKSEN JA DOKUMENTOINNIN
KEHITTÄMINEN

Diplomityö

Tarkastaja: professori Jouko
Halttunen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Automaatio-, kone- ja materiaali-
tekniikan tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 5. maaliskuuta 2008

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

PIRHONEN RISTO: Virtakiskojen mitoituksen ja dokumentoinnin kehittäminen

Diplomityö, 77 sivua, 3 liitesivua

Toukokuu 2010

Pääaine: Mittaus- ja informaationtekniikka

Tarkastaja: professori Jouko Halttunen

Avainsanat: Virtakiskojen rakenne, mitoittaminen, piirustuksien dokumentointi, kiskojen mallintaminen

Kompaktirakenteisten virtakiskojen osat valmistetaan mitoituksen perusteella millimetrin tarkkuudella. Tehdasvalmisteisina osina on olemassa vakiomittaisia suoria- ja kulmakappaleita. Virtakiskojen reitit, jotka ovat usein täysin erilaisia, muodostuvat erilaisista osapituuksista, jolloin tarvitaan aina vakiomittaisten kappaleiden lisäksi poikkeavan pituisia kappaleita. Mitoituksen onnistuminen virtakiskoprojektissa on välttämätöntä, koska virtakiskojen tehdastoimitusaika on 6-8 viikkoa. Mitoituksessa käytetään lasermittalaitteita, joiden tarkkuus on riittävä.

Sähköpiirustuksissa virtakiskoille ei tällä hetkellä ole omia piirrosmerkkejä, vaan jokainen sähkösuunnittelija käyttää itse luomiaan piirrosmerkkejä ja sitten nimeää symbolin virtakiskoksi piirustuksessa. Piirustukset ovat 2-D tasokuvia, joiden ongelmana ovat virtakiskon reitin korkeusmuutokset sekä kiskolinjan tarkka pituus.

Työ jakaantuu kahteen osaan: virtakiskojen rakenteiden kuvauksen kautta nykyiseen mitoitukseen ja dokumentointiin ja niiden ongelmakohtiin. Kehitystyönä on virtakiskojen piirrosmerkin luominen ja niiden mallintaminen 3-D piirustuksiin, mikä antaa tarkat tiedot virtakiskon koko reitin pituuksista huomioiden eri osapituudet.

Työn tärkein tavoite on 3-D mallinnuksen kehittäminen CAD- suunnitteluun. 3-D mallinnuksella sähkösuunnittelija yhdessä muiden suunnittelijoiden, kuten LVI-suunnittelijat, voi sijoittaa kiskokomponentit siten, että jo virtakiskot ja LVI-putkilinjat eivät mene toistensa päälle. Parannetulla mallinnuksella virtakiskoprojektin toteutus-aikataulu lyhenee ja kustannuksia säästyy merkittävästi.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Engineering

PIRHONEN RISTO: Development of Busbar Dimensioning and Documentation

Master of Science Thesis, 77 pages, 3 Appendix pages

May 2010

Major: Measurement and Information Technology

Examiner: Professor Jouko Halttunen

Keywords: Busbar structure, dimensioning, documentation of drawings, busbar modelling

The parts of compact busbar systems are manufactured according to the design dimensions to the millimetre. Available prefabricated parts include straight and angle components in standard lengths. Because busbar routings are often highly diverse comprising of parts in various lengths, both standard-length components and customized lengths are needed. The ex-works delivery time of busbars being 6–8 weeks, successful dimensioning is essential to project completion. Dimensioning is performed using laser measurement devices with sufficient accuracy.

There are currently no distinct symbols for busbars in electrical drawings. Instead, every electrical wiring designer uses their own symbols and specifies their meaning in the legend. The drawings are 2-D planar designs, which is problematic in view of changes in busbar installation height as well as the exact length of the busbar.

This thesis is divided into two parts. After describing the structure of busbars, the current dimensioning and documentation are examined and the related problems are discussed. The development task is to create a symbol for busbars and to translate them into 3-D designs in order to provide accurate information about all the lengths of the overall busbar routing while taking the various part lengths into account.

The most important objective of the present thesis is to develop 3-D modelling to facilitate CAD design. With 3-D modelling, electrical wiring designers are able, together with other designers, such as HVAC engineers, to position the busbar components in such a way as to avoid overlapping the busbar and HVAC duct routings. Improved modelling shortens the implementation time of busbar projects and also enables considerable cost-savings.

ALKUSANAT

Kompaktien virtakiskojen käyttö sähköjakelussa kasvaa jatkuvasti. Nykyisin niitä käytetään pääkeskusten, muuntajien, generaattorien ja nousukeskusten virranjakelussa. Virtakiskoprojektin toteuttamisen ajankäytön tehostaminen ja toimituksen oikea-aikaisuus myöhästymättä asettaa suurempia haasteita lähitulevaisuudessa, kun toimituksen dokumentoinnin vaatimukset ovat jo nyt muuttuneet tilamallien suuntaan. Tämän diplomityön olen tehnyt UTU ELEC Oy:ssä, jossa toimin tuoteryhmäpäällikkönä.

Materiaalia diplomityön tekemiseen olen saanut tekemistäni projektikohteista ja virtakiskovalmistajalta. Haluan lausua kiitokset sähkösuunnittelijoille ja urakoitsijoille, joilta olen saanut materiaalin lisäksi myös hyviä kommentteja.. Kiitokset haluan myös lausua ”päämuuntaja” Terho Jussilalle, esimiehilleni Tero Heiskalle ja Timo Nännimäiselle myönteisestä suhtautumisesta diplomityön tekemiseen ja UTU:n kiskoprojekteihin osallistuneille henkilöille työvaiheiden parannusesityksistä. Zucchinin tehtaan henkilökuntaa, asennustyöryhmää ja alalla toimivia kollegoita haluan kiittää kehitysideoista.

Kiitos kuuluu myös vanhemmilleni, Heikki ja Seija Pirhoselle, jotka jatkuvasti kannustivat minua diplomityön kirjoittamisen eri aikoina.

Erityisen kiitoksen haluan lausua tämän diplomityön tarkastajalle TTY:n professori Jouko Halttuselle

Valkeakoskella toukokuun 16. päivänä 2010

Risto Pirhonen

SISÄLLYS

1.	Johdanto	1
1.1.	Taustaa	1
1.2.	Työn toteutus.....	2
1.3.	Tavoitteet ja työn rajaus	2
2.	Virtakiskon osat ja kiskolinjat.....	4
2.1.	Virtakiskojen rakenne ja osat	4
2.2.	Virtakiskolinjat.....	11
3.	Virtakiskojen Dokumentointi.....	19
3.1.	Virtakiskojen esittäminen sähköpiirustuksissa	19
3.2.	Virtakiskojen tehdaspiirustukset	23
4.	Virtakiskojen toimitusprojekti	29
4.1.	Virtakiskojen mitoitus.....	29
4.2.	Virtakiskojen asennus	38
4.3.	Virtakiskojen koestus ja käyttöönottomittaukset	47
5.	Virtakiskoprojektin ongelmia	49
5.1.	Dokumentoinnin ongelmat.....	49
5.2.	Mitoituksen ongelmat	51
5.2.1.	Mitoitusongelmien esimerkkejä.....	52
6.	DOKumentoinnin ja mitoituksen kehittäminen	65
6.1.	Kysely sähkösuunnittelijoille ja sähköurakoitsijoille	65
6.1.1.	Kommentteja ja suosituksia sähkösuunnittelijoilta.....	65
6.1.2.	Kommentteja ja suosituksia sähköurakoitsijoilta.....	66
6.1.3.	Kiskokappaleiden asennettavuuden parantaminen	66
6.2.	Virtakiskojen piirrosmerkki sähköpiirustuksissa	68
6.3.	Mitoituksesta mallinnukseen.....	68
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	74
7.1.	Virtakiskojen esittäminen 2- D sähköpiirustuksissa	75
7.2.	Mittalaitteiden käyttö kiskolinjan mitoituksessa ja asentamisessa	75
7.3.	Virtakiskon rakenteen muuttaminen	76
7.4.	Virtakiskolinjan mallintaminen 2-D piirustuksista 3-D piirustuksiin.....	76
	Lähteet.....	78
	Liitteet	80

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

2-D Sähköpiirustus	2-Dimension, piirustus joka esittää kohteen kahdella ulottuvuudella
3-D Sähköpiirustus	3-Dimension, piirustus joka esittää kohteen kolmella ulottuvuudella
CAD	Computer aided design tietokoneavusteinen suunnittelu
CADS Planner Electric	Tietomallipohjainen sovellusohjelma 3-D sähköpiirustuksien tekemiseen
EAE Electric A.S	Turkkilainen virtakiskoja valmistava tehdas
IEC EN 60439-2	Jakokeskusten ja virtakiskojen suunnittelun ja valmistamisen standardi
IP55	International Protection on suojausluokitus, missä kahdella numerolla määritetään laitteen suojaustaso vieraiden esineiden ja veden sisään pääsyn estämiseksi
Kiskolinja	Virtakisko, joka kulkee kahden tai useamman liityntäpisteen välillä
Kompakti virtakisko	Virtakisko, jossa eristetyt johtimet ovat kotelon sisällä kiinni toisissaan.
Layout-piirustus	Laitteen kokoonpanopiirustus, jossa koko laitteen päämittatiedot on esitetty
LVIS	Lämpö, vesi, ilmastointi ja sähkö yhteinen nimike piirustuksissa
Monobloc	Virtakiskolinjassa kahden eri kappaleen liitoskohta, jossa momenttikiristys. Kiristysmomentti on määritelty virtakiskojen tyyppin mukaisesti
RAL 7035	Pintakäsittelyn värien 4-numeroinen koodi, harmaasävy
REI 120	Kantavan tai osastoitavan rakenteen paloluokitus, missä rakenne kestää 120 minuuttia vahingoittumatta
SCPAI	Zucchini Spa:n valmistaman virtakiskon tyyppi, Super Compact, missä johtimet ovat alumiinia
Schneider Electric Ltd	Ranskalainen virtakiskoja valmistava tehdas
Tehdaspiirustus	Virtakiskovalmistajan tekemä piirustus, missä esitetään virtakiskolinjan kulku, virtakiskojen osat. Piirustus on samalla asennus- ja loppupiirustus
UPS	Uninterruptible Power System, laite jolla syötetään virtaa jännitekatkoissa
UTU ELEC Oy	Urho Tuominen konsernin tytäryhtiö
Zucchini SpA	Italialainen virtakiskoja valmistava tehdas

1. JOHDANTO

1.1. Taustaa

Kompaktirakenteisia virtakiskoja, missä johtimet ovat eristettyinä kiinni toisissaan koteloidusti, käytetään toimisto- ja liikerakennuksissa, teollisuudessa ja asuinkiinteistöissä saneeraus- ja uudisrakennusprojekteissa. Virtakiskoilla yhdistetään pääkeskusten, nousukeskusten, generaattorien ja muuntajien välinen sähkönsiirto. Kompaktirakenteinen virtakisko tarvitsee pienemmän tilan kuin vastaava kaapelijärjestelmä ja sen kotelon lämpenemä ei tarvitse jäähdytystä. Koska johtimet sijaitsevat toistensa läheisyydessä, on kotelorakenne pienempi kuin vastaavalla ilmaeristeisellä virtakiskolla ja niiden ympäristöön aiheuttama magneettikenttä pienempi [1, s 67–71]. Virtakiskojen johtimina käytetään pääasiassa galvanoitua alumiinia, mutta kupari on myös mahdollinen johdinmateriaali. Alumiini on huomattavasti kevyempää kuin kupari ja huomattavasti edullisempaa, joten kuparijohtimisten virtakiskojen käyttö Suomessa on aika harvinaista. Kompaktirakenteisten virtakiskojen nimellisvirrat ovat 100 - 5000 ampeeria. Virtakiskojen osat muodostuvat erilaisista määritellyistä osista. Tärkeimmät osat ovat keskuskappaleet, Monobloc-liitokset, suorat kappaleet ja erilaiset kulmakappaleet ja haaroituskappaleet. Virtakiskossa voi olla myös ulosottoja, joista virranottimilla saadaan sähköjakelua työpaikkakeskuksille, nousukeskuksille ja työpisteiden koneille. Virtakiskot ovat 4 tai 5-johtimisia. Virtakiskojen suunnitellaan, valmistetaan ja koestetaan standardin IEC EN 60439-2 mukaisesti [2]. Virtakiskojen valmistajia ovat EAE Elektrik A.S, Schneider Electric ja Zucchini SpA.

Virtakiskoprojektin tarjouslaskennan kiskolinjan pituus todelliseen kiskolinjan pituuteen verrattuna saattaa muuttua. Sähköpiirustuksissa, joiden mittasuhte on 1:50 tai 1:100, virtakiskot esitetään 2-D tasokuvissa, joten mittatarkkuus aiheuttaa mahdollisia virheitä kiskolinjassa. 2-D tasokuvien lisäksi ei aina ole saatavilla poikkileikkauskuvia eri kerroskorkeuksista, joten reitin suunnittelussa virhemahdollisuus kasvaa eri osapituuksilla. Aina ei ole saatavilla kiskolinjan lähtö ja tulopäiden liityntäpistetietoja sähkökeskuksiin, joten mitoitusvirhettä voi syntyä myös siitä.

Virtakiskoprojektit ovat yksilöllisiä, sarjatuotantomaiseen toteutukseen päästään harvoin. Jokainen kiskolinja muodostuu eri osapituuksista kulmakappaleiden välillä ja mittapituudet toteutuvat 1 mm:n tarkkuudella. Virtakiskoja valmistetaan tilaustyönä, joten 4-6 viikon toimitusajat on huomioitava projektiaikataulua suunniteltaessa. Virtakiskojen mitoituksen onnistuminen on tärkein asia toimitusvaiheessa. Mitoitus tehdään lasermittalaitteilla, joiden mittaustarkkuus on 1 mm.

Mitoituksen oikea ajankohta on suunniteltava hyvin, koska toimitusvaiheessa projektien työmailla on muitakin toimijoita ja asennusten yhteensovittaminen vaatii suunnitelmien vertailua ennen toteutusta. Mitoituksen onnistumisen merkitys korostuu pitkissä kiskolinjoissa, jotka kulkevat eri kerroksien välillä ja joissa on useita eri kulmakappaleita.

Virtakiskoille ei ole standardissa SFS 60617 ole esitetty omia piirustusmerkkejä tai mallikirjastoa, joten jokainen sähkösuunnittelija käyttää itse luomiaan merkkejä [3]. Tämä mahdollistaa virheen reittikuvauksen yhteydessä kerrosnousujen suuntatulkinnolle ja käsitys reitin kulkusuunnasta voi vääristyä.

Projektikohteen asennusvaiheessa, urakoitsijakokouksista huolimatta, on mahdollista, että kiskolinja kohtaa esteitä esimerkiksi LVI-putkia. Näistä risteilyistä tulee kiskolinjalle lisää kappaleita ja sitä kautta aina ylimääräisiä kustannuksia.

Nämä dokumentoinnin ja mitoituksen ongelmakohdat muodostavat merkittävän parannuskohteen jokaiselle virtakiskojen toimitusprojektille. Diplomityön suurin kehitystyö on päästä 2-D piirustuksista 3-D piirustuksiin, joissa virtakiskon reitin osapituudet on määritelty yksikäsitteisesti mallikirjaston piirustusmerkein. 2-D piirustuksissa kiskolinjat esitetään kahdella ulottuvuudella ja vaihtoehtoina ovat pituus- leveys, pituus- korkeus tai leveys- korkeus. 3-D piirustuksissa kiskolinja esitetään kolmella ulottuvuudella ja se on havainnollisempi kuin 2-D piirustus.

1.2. Työn toteutus

Työssä esitellään kompaktien virtakiskojen rakenne ja virtakiskolinjojen dokumentointi. Virtakiskojen mitoitus ja piirustusmerkinnät näytetään tehtyjen projektien avulla. Virtakiskojen asennuksia esitellään tehtyjen projektien osalta. Tekijällä on käytännön kokemusta virtakiskoprojektien toteuttamisesta ja niistä saaduilla esimerkeillä havainnollistetaan nykyisiä ongelmakohtia, mitä virtakiskoprojekteissa tulee esille.

Työtä varten on lähetetty kyselyjä niin sähkösuunnittelijoille kuin urakoitsijoille, jotta on saatu lisätietoa sekä suunnittelun ongelmakohdista että sähköurakoitsijan toteutusvaikeuksista asennusten koordinoinnin osalta.

Kehitystyön osalta tärkein osa-alue, virtakiskon mallintaminen 3-D piirustuksiin, on aloitettu yhden yrityksen kanssa, joka tekee Suomessa 3-D suunnitteluohjelmia.

1.3. Tavoitteet ja työn rajaus

Tämän työn tärkein tavoite on saada virtakiskojen mallintaminen 3-D tasopiirustuksiin. Sähkösuunnittelija pystyy tulevaisuudessa suunnittelemaan virtakiskolinjan siten, että reitin osapituudet ja kulmakappaleet saadaan mallinnusohjelmasta. Mittaustarkkuus paranee merkittävästi jo suunnitteluvaiheessa ja virheellisten pituuksien riski häviää. Merkittävä parannus on se, että suunnitteluvaiheessa voidaan eri suunnittelualojen piirustukset laittaa samaan kuvaan ja poistaa mahdolliset törmäyskohdat. Piirustuksiin on mahdollista liittää myös

palokatkoja varten riittävä aukotus rakennuspiirustuksiin. Kokonaisuudessaan virtakiskojen dokumentointi on yksikäsitteinen, toimitusaikataulua voidaan lyhentää ja kustannustehokkuus paranee. Parantuneen dokumentoinnin ansioista myös asennus helpottuu.

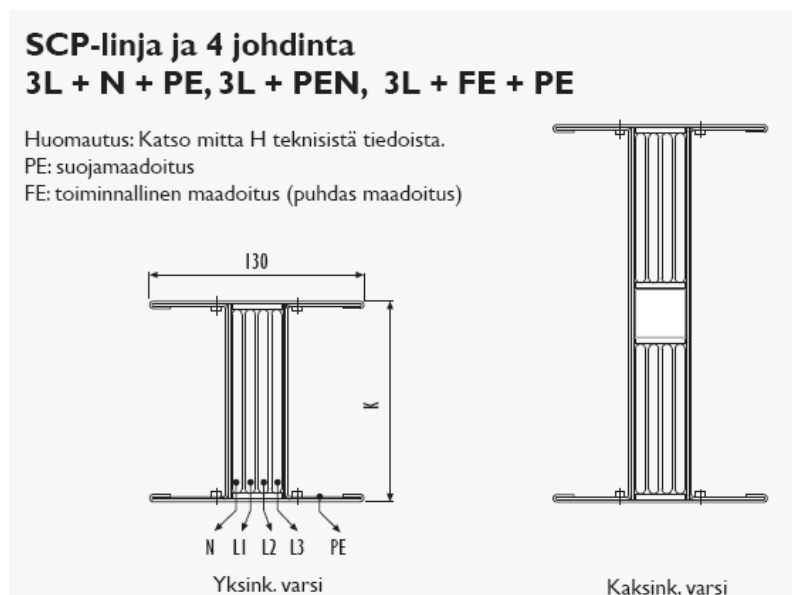
Työ on rajattu koskemaan Zucchini SpA:n Super Compact alumiinijohtimisia (SCPAl) nimellisvirraltaan 1000 – 4000 A virtakiskoja. Näillä nimellisvirroilla virtakisko liittyy aina kiinteästi sähkökeskuksiin kiskolinjan toisesta päästä ja toinen pää liittyy usein sähkökeskukseen tai muuntajaan/generaattoriin.

2. VIRTAKISKON OSAT JA KISKOLINJAT

Tässä luvussa käsitellään virtakiskojen rakennetta, virtakiskojen erilaisia kappaleita ja esitetään, miten virtakiskolinja kulkee lähtö- ja tulopisteen välillä.

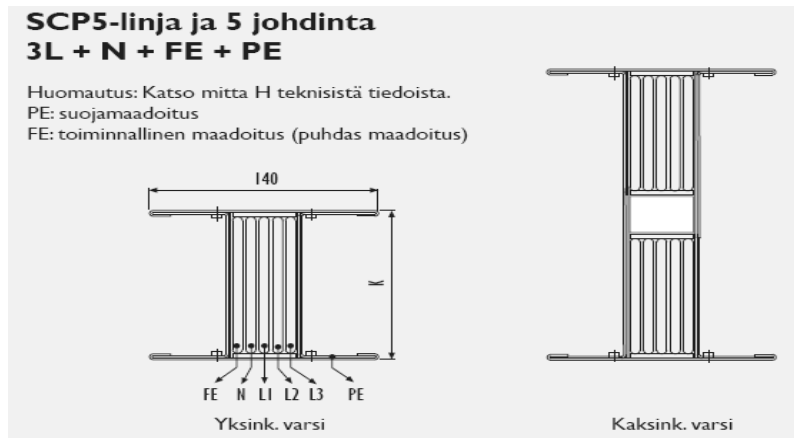
2.1. Virtakiskojen rakenne ja osat

Zucchini SpA:n SCPAl virtakiskot ovat nimellisvirroiltaan 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200 ja 4000 ampeeria. Johtimia voi olla 4 tai 5, mikä määräytyy virtakiskon käyttötarkoituksen mukaan. Johtimien lukumäärä, valmistusmateriaali ja nimellisvirta ilmoitetaan virtakiskon tyyppitiedoissa. Johtimet on valmistettu galvanoidusta alumiinista. Kaikki johtimet ovat keskenään samanvahvuisia. Johtimien päälle kiedotaan eristeeksi kaksinkertainen polyesterikalvo, jonka vahvuus on 0,4 mm. Johtimet asennetaan ulkokoteloon, mikä on valmistettu kuumagalvanoidusta teräksestä ja maalattu RAL 7035-hartsilla. Virtakisko on kotelon sisällä joko 1- tai 2-varianten. 2-varianten virtakisko koostuu kahdesta rinnankytketystä virtakiskosta kotelon sisällä. Nimellisvirraltaan alle 2500 A virtakiskot ovat yksivartisia ja tätä suuremmat virtakiskot ovat aina kaksivartisia. SCPAl 4-johtimisen virtakiskon poikkileikkaus on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1 SCPAl 4-johtiminen virtakisko 1- tai 2-kertaisella varrella.[4]

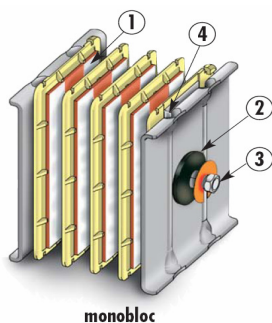
SCP5Al 5-johtimisen virtakiskon poikkileikkauskuva on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2 SCPAl 5-johtiminen virtakisko 1- ja 2-kertaisella varrella.[4]

Kompaktirakenteisen virtakiskon johtimien etäisyys toisistaan on huomattavasti pienempi kuin vastaavilla ilmaeristeisillä virtakiskoilla. Virtakiskojen ulkokotelon mitat määräytyvät johtimien lukumäärän sekä nimellisvirran perusteella. Virtakiskon suojausluokka on IP55 (pölysuojattu ja suoran vesisuihkun kestävä) ja paloluokitus on REI120 (rakenne kestää vahingoittumatta 120 minuuttia)

Virtakiskot liitetään toisiinsa Monobloc-liitoksella (kuva 3). Monobloc-liitos koostuu toisistaan kertamuovilla eristetyistä hopeoiduista kuparilevyistä, jotka ovat Belleville-jousialuslevyjen välissä. Jousialuslevyjä kiristää kaksipäinen vääntömutteri. Päällimmäinen vääntömutteri katkeaa automaattisesti riittävän vääntömomentin kohdalla, mikä varmistaa riittävän kiristyksen. Kaksipäisten vääntömuttereiden lukumäärä monoblocissa määräytyy virtakiskon koon mukaisesti 1:stä 6 kappaleeseen. SCPAl-virtakiskossa kiristysmomentti on 85 Nm. Jousialuslevyissä on hammastus liittäjän kohdistamiseksi



1. Kaksoishopeoidut kuparilevyt
2. Belleville- jousialuslevy
3. Katkeava vääntömutteri
4. Hammastus

Kuva 3 Virtakiskon Monobloc-liitos.[5]

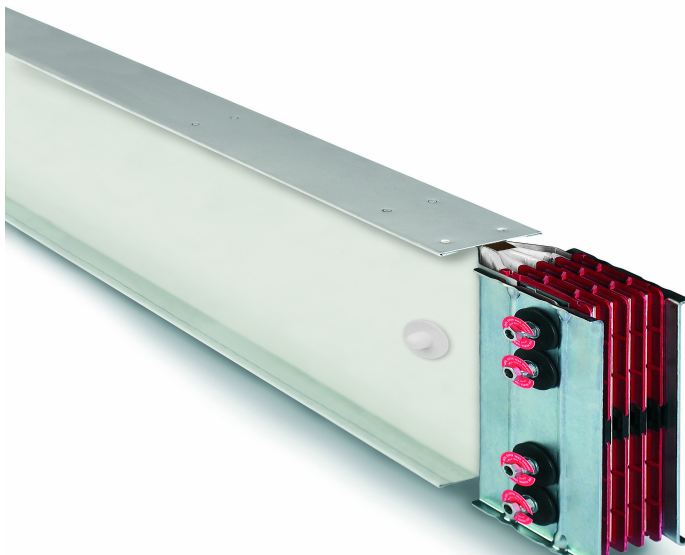
Virtakiskon osia ovat suorat kappaleet, kulmakappaleet, keskuskappaleet, haaroituskappaleet ja niihin voidaan kytkeä virranottimia.

Virtakiskon suorakappale on pituudeltaan 500 – 3000 mm (kuva 4). Siinä voi olla ulosottoja virranottimia varten. Vakiopituus on 3000 mm ja ulosotot ovat tarvittaessa 850 mm välein. Suoran kappaleen rakenne ei edellytä sisäistä palokatkoa, kun virtakiskon nimellisvirralta on alle 2500 A, koska kiskon varsi on yksinkertainen. Kaksinkertaisesta varresta rakennettu virtakisko tarvitsee sisäisen palokatkon.



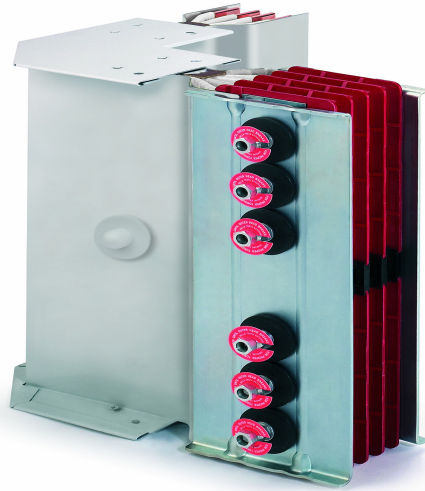
Kuva 4 SCPAl 2500A virtakiskon suora kappale 3000 mm.

Suora kappale sisältää aina Monobloc-liitännän molemmat osat. 2500 A virtakiskon Monobloc-liitoksessa on 4 kaksipäistä vääntömutteria. Vääntömuttereiden lukumäärä on 1-6 virtakiskon nimellisvirran ja koon mukaisesti. (kuva 5).



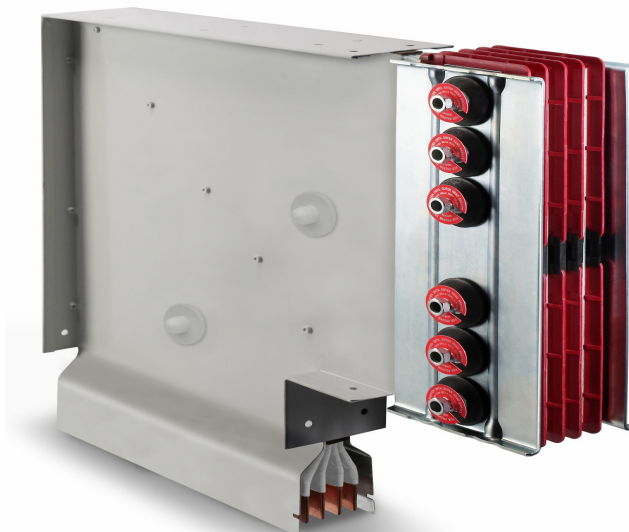
Kuva 5 SCPAl 2500A virtakiskon Monobloc-liitos.

Kulmakappaleet ovat pysty- tai vaakakulmia. Kiskolinjan suunnittelun yhteydessä määritetään tarvittaessa yhdistelmäkulmat, jotka voivat olla kaksoisvaaka- tai pysty- tai pysty- ja vaakakulmien yhdistelmiä. Pysty- ja vaakakulmien vakiomitta on 300/450 mm, mutta kummankin sivun pituus voi vaihdella 300 – 1449 mm välillä, mikäli linjasuunnittelussa päädytään poikkeavaan sivun pituuteen. (kuva 6) Poikkeava sivunpituutta käytetään, kun pysty- tai vaakakulma on osana keskuskappaleen liitosta tai liitoksena muuntaajaan/generaattoriin. Pysty- tai vaakakulmassa on aina mukana Monobloc-liitos.



Kuva 6 SCPAI 2500A virtakiskon pystykulma.

Vaakakulmien vakiomitta on 300 mm, mutta kummankin sivun pituus voi vaihdella 250 – 1449 mm välillä. Linjasuunnittelun perusteella lyhyitä lisäyksiä tehdään, jotta voidaan välttää hyvin lyhyet suorat kappaleet (kuva 7). Vaakakulmassa on aina mukana Monobloc-liitos.



Kuva 7 SCPAI 2500A virtakiskon vaakakulma.

Virtakiskot liitetään sähkökeskuksiin, muuntajiin tai generaattoreihin keskuskappaleella. Keskuskappale sisältää tarvittaessa Monobloc-liitoksen, kulma-kappaleen sekä mahdollisen laipan ja varsinaiset liitoskiskot. Liitoskiskoilla virtakisko kytketään sähkökeskuksen lähtökennossa olevan katkaisijan liittimiin tai taivutettavilla kuparipunoksilla muuntajan/generaattorin napoihin. Keskuskappaleen suoran osan vakiomitta on 300 mm, mutta linjasuunnittelun perusteella sen pituus voi vaihdella 200 - 1000 mm välillä ja/tai siihen voi tulla lisäksi pystykulma (kuva 8).



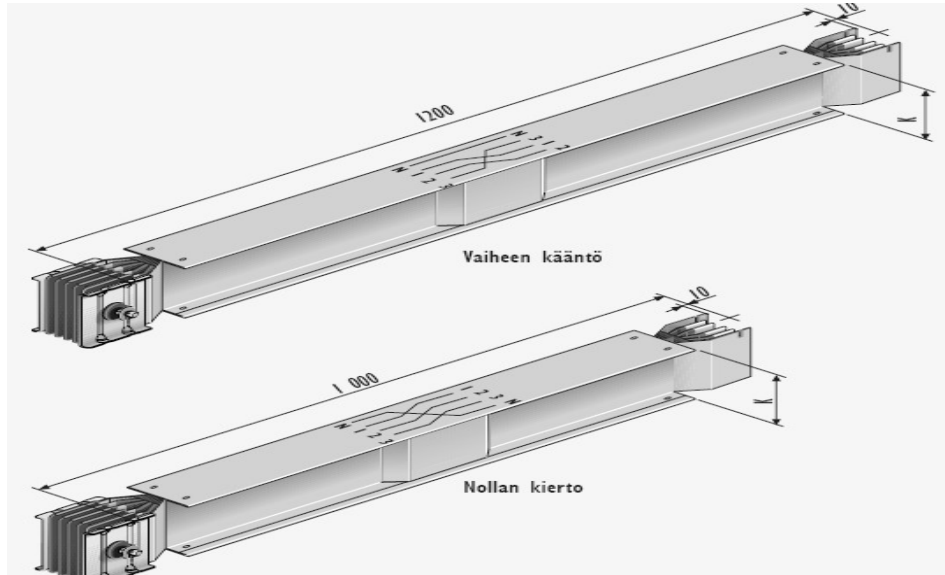
Kuva 8 SCPAI 2500A virtakiskon keskuskappale.

Haaroituskappaleet ovat T-haaroituksia, joita käytetään virtakiskolinjassa, kun siitä tarvitaan haaroituspiste kiskolinjan lähtö- ja tulopään välillä. Haaroituskappaleet ovat joko pysty- tai vaakasuuntaisia, niiden käyttö on huomattavasti vähäisempää kuin muiden kiskokappaleiden (kuva 9). Haaroituskappaleiden suorien osien vakiomitta on 300/600 mm; mutta se voi vaihdella reittisuunnittelun perusteella 300–1449 mm välillä.



Kuva 9 SCPAI 2500A virtakiskon T-haaroituskappale.

Kiskolinjassa vaihejärjestys ja nollajohtimen sijainti voidaan kääntää, jos se on keskuskappaleen liitääntä helpottava muutos. Tarvittavien liitosten risteily voidaan välttää ja sekä liitosmateriaalia että työaikaa kuluu vähemmän kuin ilman muutoksia toteutettavassa liitännässä (kuva 10).



Kuva 10 SCPAL virtakiskon vaiheenkääntö- ja nollan kääntökappale.[4]

Vaiheenkääntökappale on suora elementti, jossa L1- ja L3-vaiheet käännetään keskenään kappaleen alku- ja tulopäässä. Vaihejärjestyksen muutoskappale eroaa suorasta kappaleesta myös fyysisesti. Muutoskohdassa kiskokappaleen leveys on suurempi kuin tavallisessa suorassa kappaleessa ja muutoskohta on merkitty tarralla kiskokappaleeseen (kuva 11).



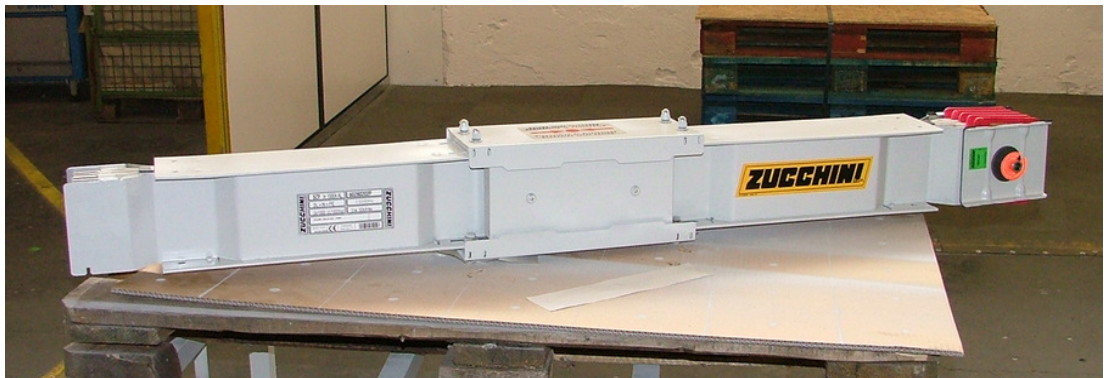
Kuva 11 SCPAL 1250 A virtakiskon vaiheenkääntökappale.

Nollajohtimen kääntökappaleessa johtimen sijainti muuttuu ensimmäisestä viimeiseksi. Nollajohtimen kääntö tehdään suorassa kappaleessa, joten se on leveämpi muutoskohdassa kuin tavallinen suora kappale ja muutoskohta on merkitty tarralla kiskokappaleeseen (kuva 12).



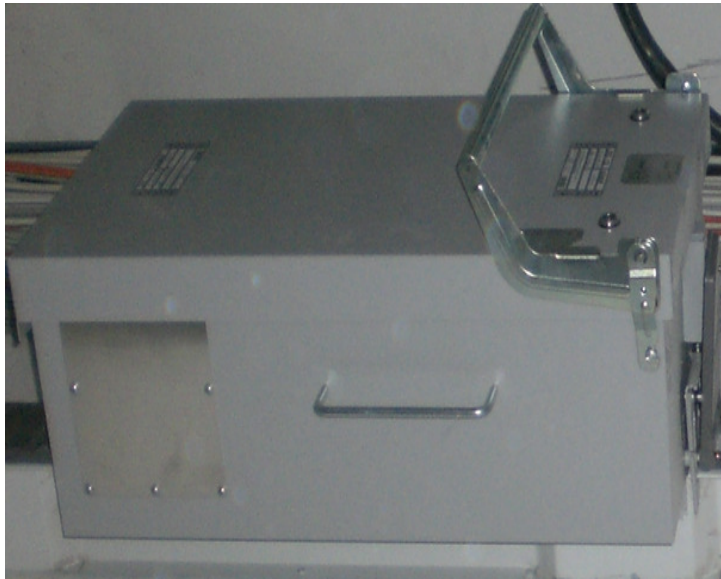
Kuva 12 SCPAI 1250 A virtakiskon nollajohtimen kääntökappale.

Kun virtakiskolinjan jokin suora osapituus on yli 40 metriä, tarvitaan tälle osuudelle lämpölaajenemiskappale. Lämpölaajenemiskappaleen johtimet on kiskokotelon sisällä jaettu kahteen osaan, joita yhdistävät joustavat kuparipunokset. Kappaleella tasataan käytönaikaista lämpölaajenemista pitkässä linjassa, joka kohdistaisi epänormaaleja voimia kiskokappaleiden liitoskohtaan. Suorassa kiskokappaleessa lämpölaajenemisosuus on leveämpi kuin tavallisen suoran kappaleen leveys ja se on merkitty tarralla kiskoon (kuva 13).



Kuva 13 SCPAI 1250 A virtakiskon lämpölaajenemiskappale.

Virtakiskolinjassa voi olla mukana erilaisia virranottimia. Virranottimia on montaa eri tyyppiä; sulakkeenpitimellä, kytkimellä ja sulakkeenpitimellä tai katkaisijoilla varustettuna. Virranottimien nimellisvirrat ovat 63 – 630 A (kuva 14).



Kuva 14 SCPA1 125 A sulakkeenpitimellä varustettu virranotin.

SCPA1-virtakiskolinjassa voi olla myös erilaisia virransyöttökoteloita, virranrajoittimia, mutta niiden käyttö on hyvin vähäistä ja niiden merkitys linjasuunnittelussa on hyvin pientä.

2.2. Virtakiskolinjat

Virtakisko siirtää sähköä keskijännitemuuntajalta sähköpääkeskukselle, sähköpääkeskusten välillä ja generaattorilta sähköpääkeskukselle. Siirtoetäisyydet ovat usein 2 – 200 metriä. Kiskolinjassa nimellisvirrat ovat 630 – 4000 A. Kiskolinja yhdistää usein kahta syöttöpistettä ja siinä ei ole ulosottoja virroittimia varten. Muuntajan ja sähköpääkeskuksen välinen virtakiskolinja on yhtenäinen eikä siinä ole haaroituskappaleita. Muuntajat ja generaattorit sijoitetaan mahdollisimman lähelle sähköpääkeskustilaa, jotta kiskolinjan pituudet voidaan optimoida. Generaattorikäytöissä kiskolinjassa voi olla haaroituskappale, kun virtakisko yhdistää pääkeskuksen, generaattorin ja varmennetun sähkönsyöttökeskuksen (UPS) välillä. Kiskolinja voi kulkea eri paloluokitustilojen lävitse, jolloin virtakiskossa on tarvittaessa sisäiset palokatkot. Kiskolinjan voi liikkua myös eri kerrosten välillä ja näissä tarvitaan virtakiskon sisäiset palokatkot. Sähköpääkeskustilassa, missä huonekorkeudet ovat matalia, sijaitsee useita sähköpääkeskuksia sekä apulaitteita. Virtakiskoa käytetään sen vaatiman pienen tilan ja kulmakappaleiden 90 asteen taivutuksen antaman käännettävyyden takia. Kulmakappaleen vaatima tila verrattuna vastaavan kaapelin

taivutussäteeseen on huomattavasti pienempi. Virtakiskot eivät tarvitse erillistä jäähdytystilaa (kuva 15).



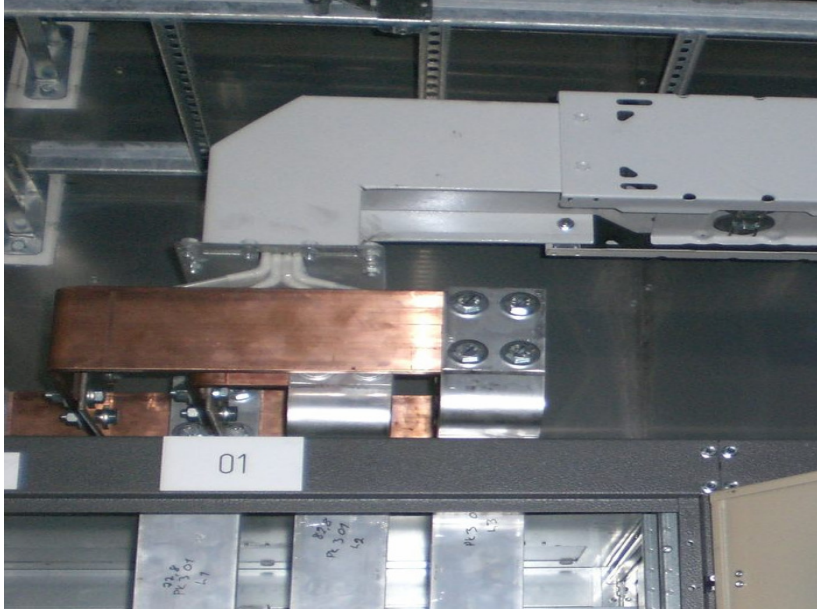
Kuva 15 SCPAl 1000 A, SCP5Al 2500 A ja SCPAl 3200 A virtakiskot sähköpääkeskus-tilassa sähköpääkeskusten ja generaattorin välillä.

Virtakiskon keskuskappale sijoitetaan sähkökeskuksessa sille varattuun kennoon, suoraan kennon yläpuolelle tai kennon alaosaan (kuva 16). Kennossa sijaitsee katkaisija, jonka liittimiin virtakisko kytketään.



Kuva 16 SCPAl 2500 A virtakiskon keskuskappale pääkeskuksen kennon pohjassa.

Virtakiskon keskuskappaleen jäädessä kennon päälle, voidaan liitäntä kennossa olevaan katkaisijan liittimiin tehdä taivutetuilla kupareilla/alumiineilla (kuva 17). Keskuskappaleessa ei tarvita laippaa, koska keskuskappale ei ole kennon kannessa kiinni.



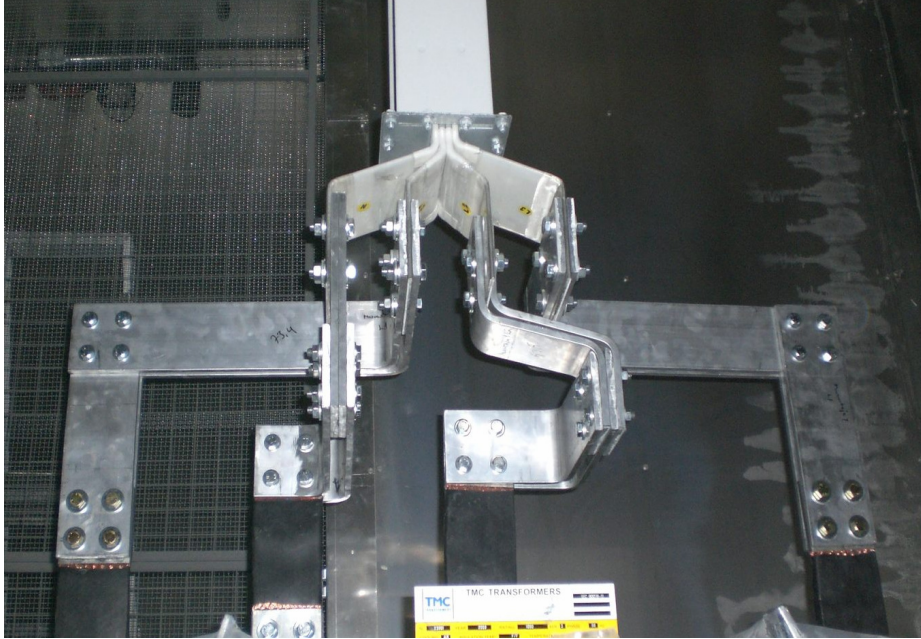
Kuva 17 SCPA1 1600 A virtakiskon keskuskappale pääkeskuksen kennon päällä liitettynä katkaisijan liittimiin.

Keskuskappaleen ympärille rakennetaan kotelo, jolloin liitäntä on suojattu IP-luokituksen mukaisesti vähintään IP31. IP31-suojausluokka estää yli 2,5 mm kokoisten kappaleiden ja tippuvan veden pääsyn koteloon (kuva 18).



Kuva 18 SCPA1 1600 A virtakiskojen koteloidut keskuskappaleet.

Kytettäessä virtakiskon keskuskappale muuntajaan, keskuskappaleen laippaa ei tarvita. Muuntajan toisiokäämien liittimien sijaitessa muuntajan kannella keskuskappale kytketään niihin sekä taivutetuilla kupari-/alumiinijohtimilla että joustavilla kupari-punoksilla (kuva 19).



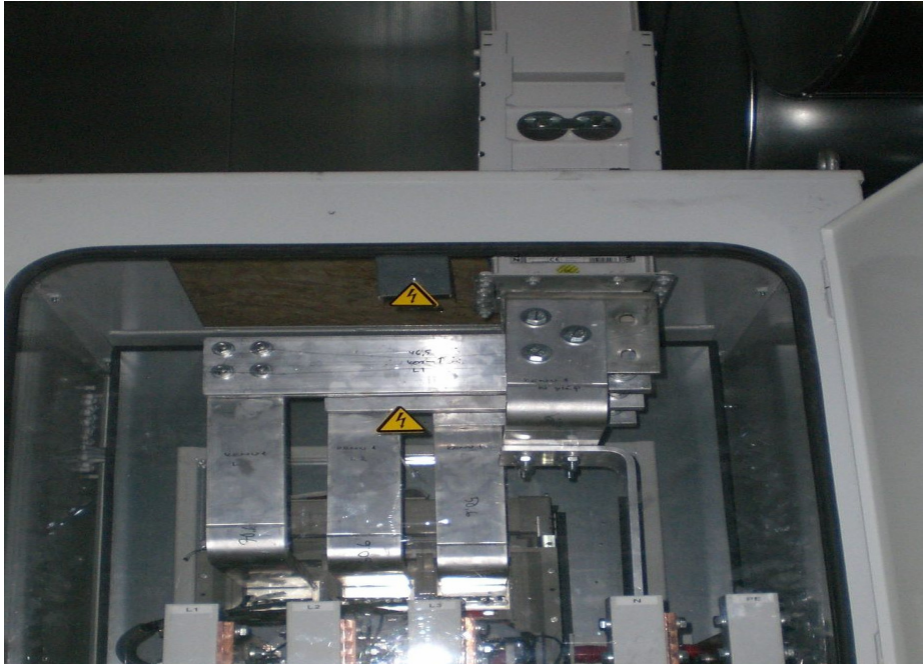
Kuva 19 SCPAl 1600 A virtakisko kytkettynä muuntajan alajännitekäämin napoihin.

Kuvassa 20 on SCPAl 2500A virtakisko asennettu sähköpääkeskuksen ja muuntajan välille. Kiskolinja menee sähköpääkeskuksen kennon pohjan ja kerrosontelon läpi eri kerroksessa sijaitsevan muuntajan liittimiin. Virtakiskossa on sisäinen palosulku ja sen keskuskappaleisiin on yhdistetty taivutetut kuparijohtimet ja muuntajan liitoksessa joustavat kuparipunokset.



Kuva 20 SCPAl 2500 A virtakiskolinja keskukselta muuntajalle.

Generaattorin liitântäpiste on generaattorin katkaisijan syöttökotelossa, jonne virtakiskon keskuskappale sijoitetaan. Keskuskappale ei tarvitse laippaa (kuvat 21–22).



Kuva 21 SCPA1 1600 A virtakisko kytkettynä generaattorin katkaisijan liittimiin.



Kuva 22 SCPA1 1600 A virtakisko kytkettynä generaattorin katkaisijaan ohjauskeskuksen päällä.

Virtakiskolinja kulkee lähtö- ja tulopisteiden välillä mahdollisimman suojatussa tilassa. Kiskolinjan reitin vierellä sijaitsee kaapelihyllyjä ja LVI-putkia (kuva 23).



Kuva 23 SCPAI 3200 A virtakisko asennettuna kattoon kaapelihyllyn alapuolelle.

Virtakiskolinja kulkee seinällä tai katossa: Rinnakkaiset kiskolinjat ovat lähellä toisiaan (kuva 24).



Kuva 24 SCPAI 1600 A 2 virtakiskolinjaa ATK-konesalin katossa.

Virtakiskonlinjan suunnittelun tekee sähkösuunnittelija. Virtakiskourakoitsija mitoittaa kiskolinjan sekä asentaa sen paikalleen suunnitelman perusteella. Tarvittaessa

kiskolinjaan tehdään muutoksia, jotta kantavat rakenteet kuten pilarit voidaan väistää (kuva 25).



Kuva 25 SCPAl 3200 A virtakiskon asennuskorkeuden muutos pystypilarin väistämiseksi.

Virtakisko asennetaan nousukuiluun sähköjakelua varten eri kerroksiin. Virtakiskossa on ulosottoja 1 metrin välein, joihin voidaan liittää virranottimia. Virtakiskon nousukuilun viimeisen suorankappaleen jälkeen asennetaan päätykappale (kuva 26).



Kuva 26 SCPAl 1250 A virtakiskon päätykappale nousukuilussa.

Pystynousun osuudella virtakiskon ulosottoihin on liitetty virranottimia. Virranottimia voidaan lisätä tai poistaa käyttötilanteen muuttuessa (kuva 27).



Kuva 27 SCPAL 1250 A virtakiskoon liitettyjä 125 A ja 250 A virranottimia.

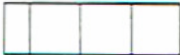





3. VIRTAKISKOJEN DOKUMENTOINTI

Tässä luvussa esitetään virtakiskojen dokumentointia sähkösuunnittelijan piirustuksissa sekä tehdaspiirustuksissa. Sähkösuunnittelijan tekemät piirustukset ovat kiskolinjan toteutussuunnitelmia, joita käytetään tarjouslaskentavaiheessa sekä kiskolinjauksen esisuunnittelussa. Tehdaspiirustukset, mitä saadaan virtakiskolinjan mitoituksen perusteella, ovat asennuspiirustuksia ja ne ovat myös projektikohteen luovutuksen yhteydessä loppupiirustuksia.

3.1. Virtakiskojen esittäminen sähköpiirustuksissa

Virtakiskot esitetään pääkaavioissa ja tasopiirustuksissa siten, että jokainen sähkösuunnittelija käyttää itse valitsemaansa piirrosmerkkiä ja nimeää siten virtakiskon piirustusmerkin (kuva 28).

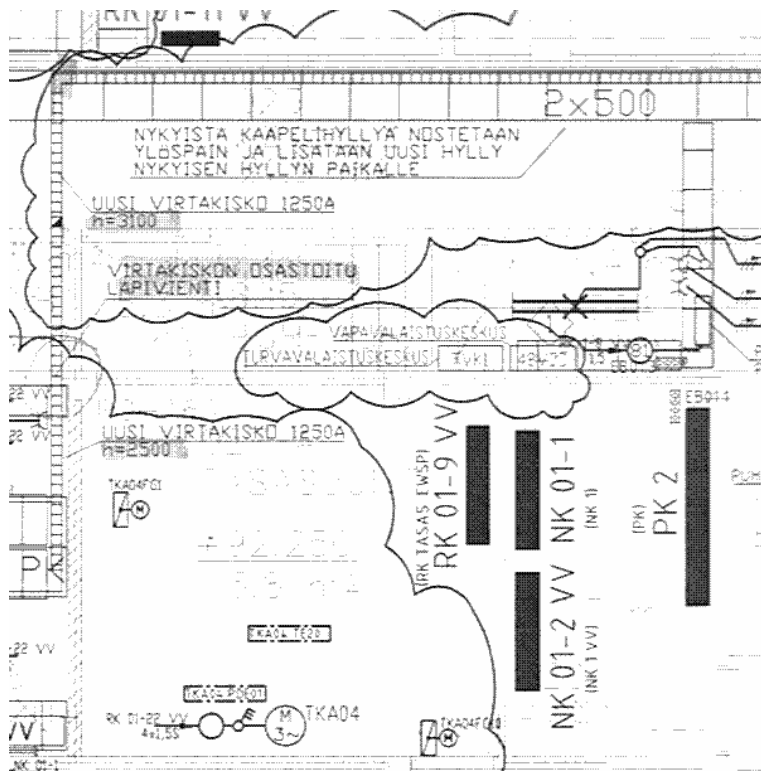
JOHTOTIET:

	= KAAPELIHYLLY KS 80-500
	= KAAPELIHYLLY KS 80-300
	= PYSTY KAAPELIHYLLY KS 80-300 / KS 80-500
	= VALAISINRIPUSTUSKISKO MEK 70
	= JOHTOKANAVA, ALUMIINI, VALKEA ESIM. DUCTEL TB 220x70 mm, ERILLISET JOHTOTILAT VV- JA HV SEKA PYSTYKANAVA, SAMA MALLI (ELLEI MUUTA MAINI)
	= VIRTAKISKO 3L+N+PE, 400VAC / 1250A (VKU) DIKOSULKUKESTO TERM./DYN. 42/42kA SULJETTU RAKENNE, IP31 SEINA-/KATTOKIINNITYS LIITANTA KESKUKSISSA KUULUU VIRTAKISKOURAKKAA
	= TURVAKYTKIN, 3- TAI 6-NAPAINEN + APUKOSKETIN

Kuva 28 Virtakiskon määrittely sähköpiirustuksessa.[6]

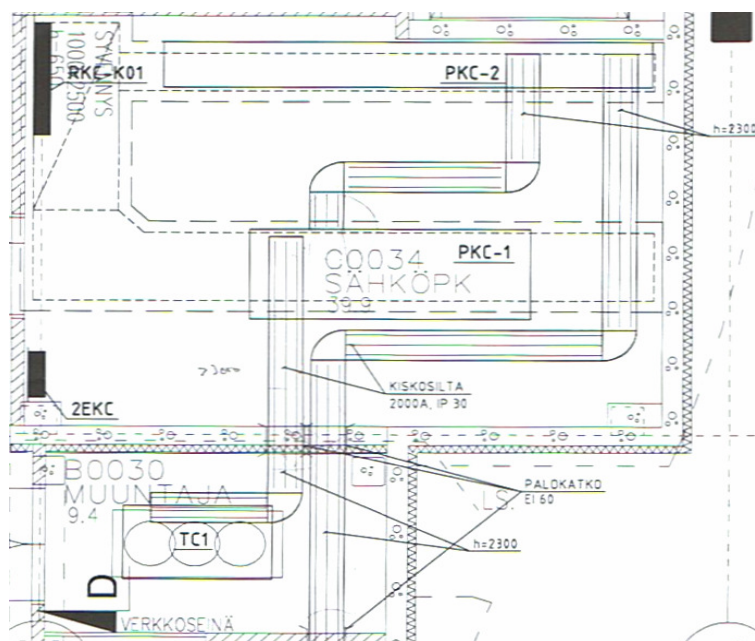
Sähköpiirustuksessa virtakisko on nimetty, nimellisvirta on mainittu ja sen reitin korkeusmuutokset on yleisesti esitetty piirustuksessa viitetietona. SFS-IEC 60617 standardissa ei ole yksikäsitteistä piirrosmerkkiä virtakiskon korkeuden muutossuunnalle ala/ylös vaan tämä merkitään piirustukseen muutoskohdan molemmille puolille.

Kiskolinja on yleisesti esitetty ja sen sijoittelussa on huomioitu myös samassa tilassa olevien kaapelihihlyjen linjat (kuva 29).



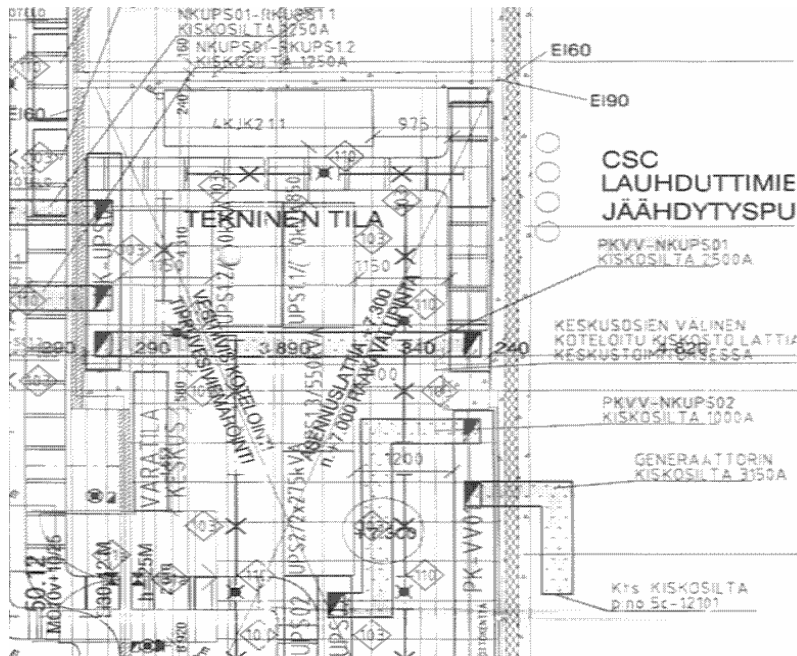
Kuva 29 1250 A virtakiskon reitin kulku ja asennuskorkeus.[6]

Kiskolinjan pituus voidaan arvioida 1-5 metrin tarkkuudella, kun kiskolinja kulkee samassa tasossa. Piirustukseen merkitään myös mahdolliset palokatkot ja suojausluokka (kuva 30).



Kuva 30 2000 A virtakiskolinjojen asennuskorkeus, suojausluokka ja palokatkot.[7]

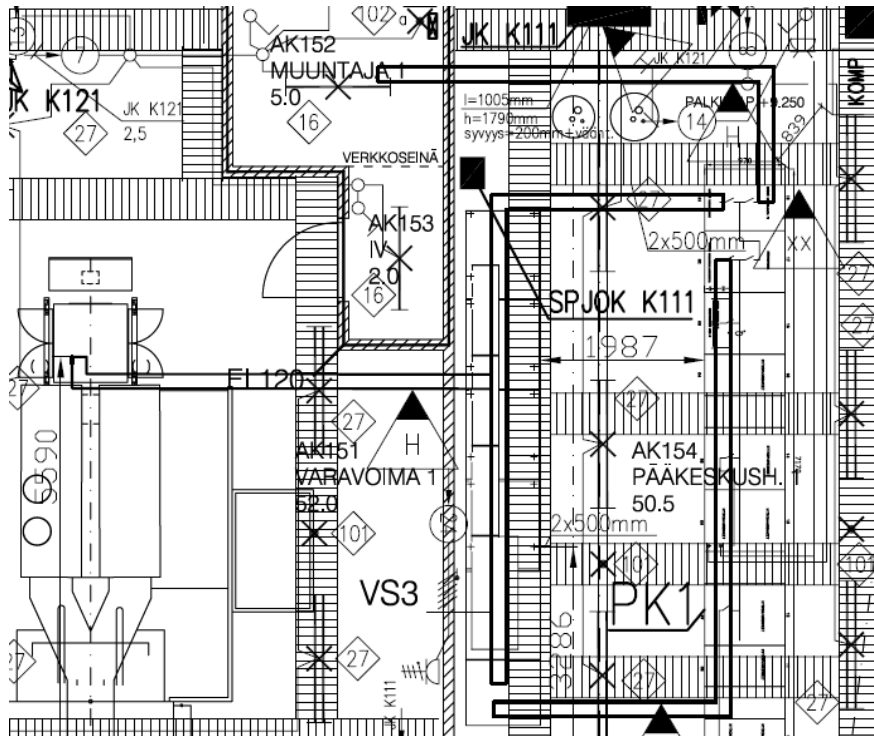
Piirustuksissa näkyvät useat kiskolinjat määritellään joko linjanumeroin tai lähtö- ja tulopäiden avulla (sähkökeskukset) ja niihin merkitään tarvittaessa virtakiskon nimellisvirta (kuva 31).



Kuva 31 Tasopiirustuksessa olevien virtakiskojen määrittely lähtö- ja tulopisteiden avulla.[8]

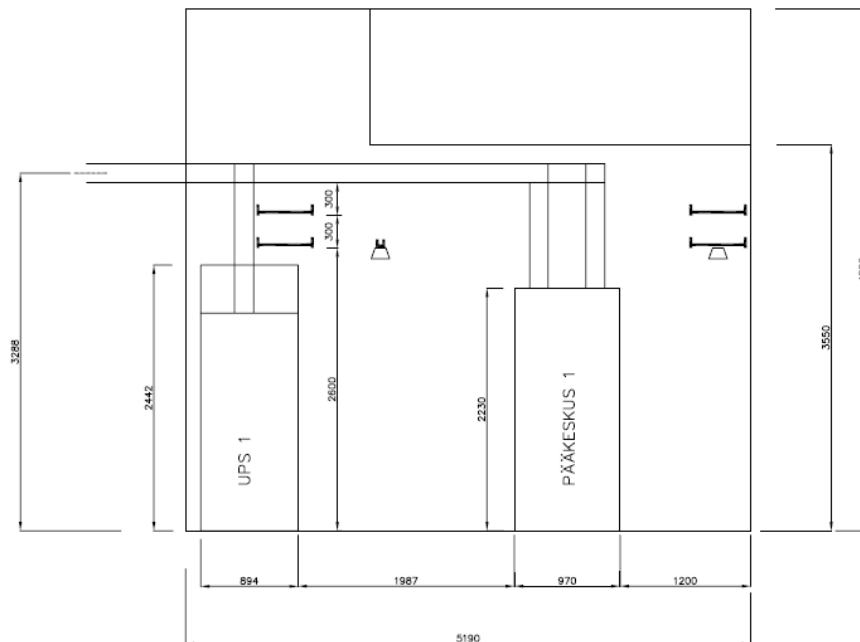
Virtakiskolinja on määritelty lähtö- ja tulopisteen osalta. Kuitenkin tarjousvaiheessa ei ole tietoa tulo- ja lähtöpäiden vaihejärjestyksistä, mikä voi aiheuttaa toimitusvaiheessa mahdollisia kiskolinjan sisäisiä muutoksia: vaiheenkääntämistä ja/tai nollajohtimen kääntämistä kiskokappaleessa. Tarjousvaiheessa ei ole tarkkoja tietoja liitäntäpisteiden sijainnista sähkökeskuksissa, muuntajissa ja generaattoreissa. Tasopiirustuksissa näkyy virtakiskolinjan reitti yleisesti, mutta kiskolinjan korkeusmuutoksia ei tarkasti nykyisissä 2-D tarjouspyyntöpiirustuksissa esitetä. Virtakiskolinjan kokonaispituus on epätarkka ja samoin eri osapituuksien (suorat osuudet ja kulmakappaleet) epätarkkuudet ovat yleisiä. Virtakiskolinjan lisätiedot kuten johtimien lukumäärät on erikseen määritelty sähkösuunnitelmassa, pääkaaviossa tai sähköpiirustuksessa. Virtakiskoprojektin toimitusvaiheessa linjasuunnitelma tarkentuu ja sähkösuunnittelija voi määritellä ennen mitoitusta sähkökeskuksen layout-kuvan perusteella, mistä kennosta virtakiskolinja kytketään keskukseseen. Keskuksessa virtakiskojen lähtökenno on usein keskuksen päässä. Virtakisko liitetään kennokohtaisesti katkaisijan napoihin. Useammat liitännät kytketään keskuksen yläpuolelta. Vaihtoehtoisesti liitäntä voidaan kytkeä keskuksen alakautta, kun kiskolinjan kennokatkaisija sijaitsee keskuksen alaosassa. Nämä ratkaisut ovat sähkösuunnittelijan päättämiä. Virtakiskourakoitsija voi tehdä muutoksia ja korjauksia virtakiskolinjaan

mitoituksen yhteydessä tai asennusvaiheessa. Lyhyissä kiskolinjoissa ei tarvita muutoksia, pitkissä kiskolinjoissa muutoksien todennäköisyys on suurempi (kuva 32).



Kuva 32 Virtakiskojen sijoitus sähkökeskuksen kennoissa.[9]

Sähkösuunnittelija voi myös määritellä kiskolinjan korkeuden ja huomioida reitin varrella olevien muiden komponenttien, kuten kaapelihiellyjen sijoittelun siten, että virtakiskolinja kulkee mahdollisimman vapaasti (kuva 33).



Kuva 33 Virtakiskojen sijoittelu sähkökeskuksiin ja kaapelihiellyjen väistäminen.[10]

Sähkösuunnittelussa on myös otettava huomioon toiset laitteet ja niiden tarvitsemat reitit. LVI-suunnitelmissa on esitetty kaikki LVI- putkien linjat ja niiden vaatimat tilantarpeet. Sähkö- ja LVI-piirustusten yhteensovittamisella estetään mahdolliset eri linjojen risteilyt ja törmäämiset ennen kiskolinjojen mitoittamista. Nykyiset suunnitteluohjelmistot mahdollistavat LVI- ja sähköpiirustusten samanaikaisen tarkastelun ja näistä piirustuksista voidaan sitten tehdä tarvittavat muutokset linjasuunnitteluun. Virtakiskolinja voi muuttua siirryttäessä tarjousvaiheesta toteutusprojektiin.

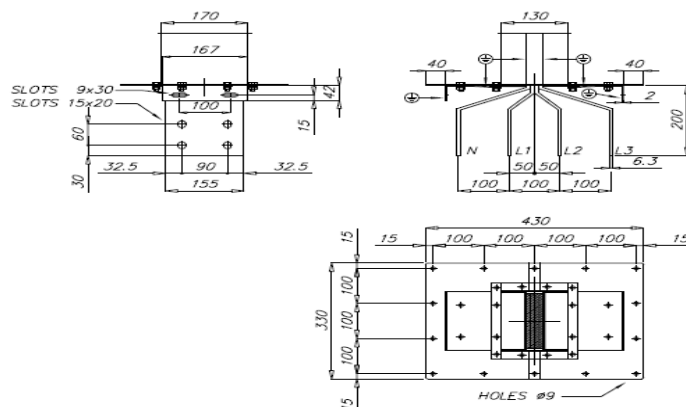
3.2. Virtakiskojen tehdaspiirustukset

Virtakiskon valmistaja tekemiä piirustuksia kutsutaan tehdaspiirustuksiksi. Virtakiskojen tehdaspiirustukset ovat tarkkoja virtakiskolinjojen kuvauksia koko kiskolinjasta sen reitillä lähtö- ja tulopisteen välillä. Tehdaspiirustukset tehdään jokaisesta kiskolinjasta asennuspaikalla tehtyjen mittaustuloksien perusteella. Tehdaspiirustuksessa käytetään sähkösuunnittelijan tekemää tasopiirustuksia, koska sähköpääkeskukset, kaapelihyllyt on sijoitettu tilavarauksina ja virtakiskolle varattu linja on jo piirustuksessa valmiina. Tehdaspiirustuksissa esitetään kiskolinjan tyyppi, lähtö- ja tulopisteet, johtimien järjestys, kiskolinjojen osapituuksien tarkat mitat ja kiskolinjojen korkeudet koko reitin eri osuuksilta (kuva 34).

LINE 3	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK1-T1)
LINE 4	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK1-UPS1-G1)
LINE 5	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK1-UPS1)
LINE 6	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK2-T2)
LINE 7	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK2-UPS2-G2)
LINE 8	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK2-UPS2)
LINE 9	SCP	1600A	3P+N	AI	IP55	(PK3-T3)

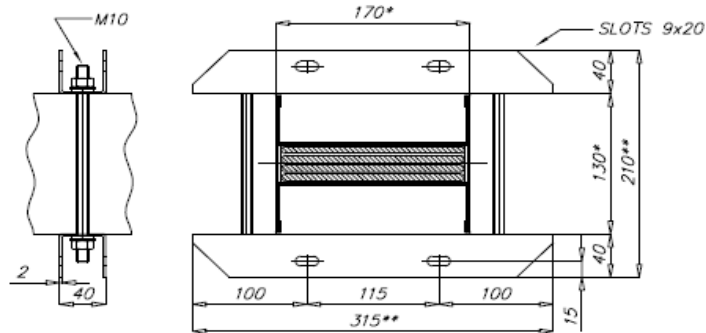
Kuva 34 Tehdaspiirustuksessa oleva SCPAl 1600A virtakiskojen nimeäminen.[11]

Keskuskappaleen tarkat mittatiedot näkyvät piirustuksessa. Keskuskappale asennetaan kiskolinjassa usein ensimmäisenä (kuva 35).



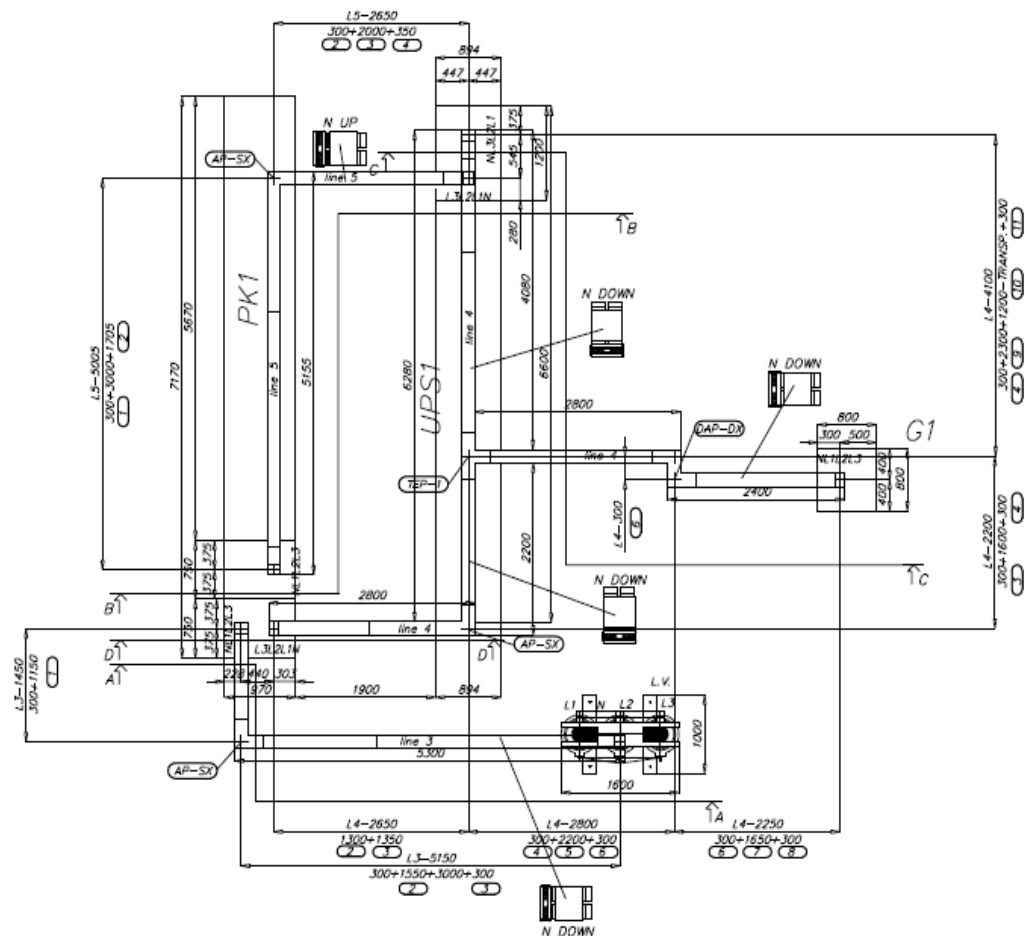
Kuva 35 SCPAl 1600A keskuskappaleen mittatiedot.[11]

Tehdaspiirustuksessa on myös esitetty kiskolinjan ulkomitat ja sen vaatima tilantarve käyttöpaikalla. Tilatarvetietoa tarvitaan ennen asennuksia asennussuunnittelussa (kuva 36).



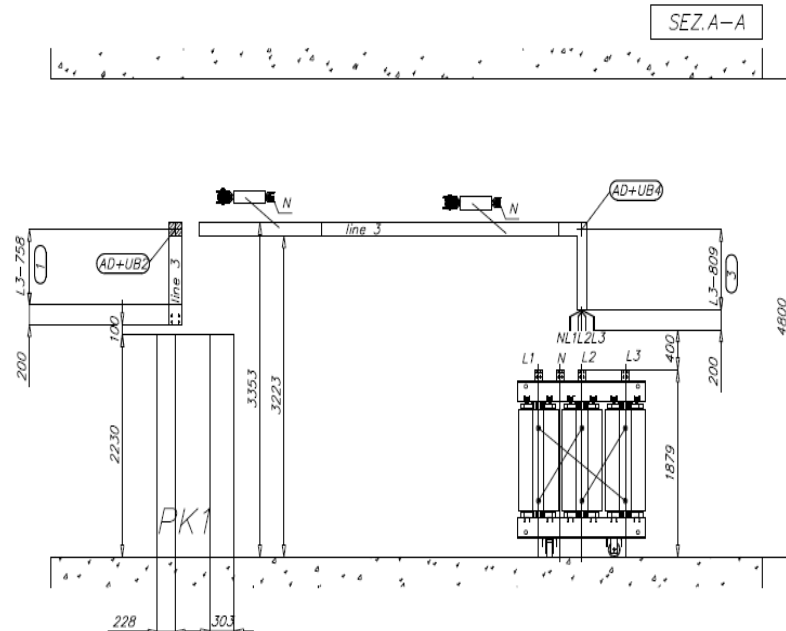
Kuva 36 SCPA1 1600 A virtakiskon ulkomitat ja asennuksen tilantarve.[11]

Kun kiskolinja lähtee sähkökeskuksesta, keskus on piirretty tasokuvaan ja siinä on esitetty lähtökennossa oleva katkaisijan liitännät ja vaihejärjestys. Tasokuvissa esitetään myös generaattorit ja muuntajat ja niiden liitännät on esitetty (kuva 37).

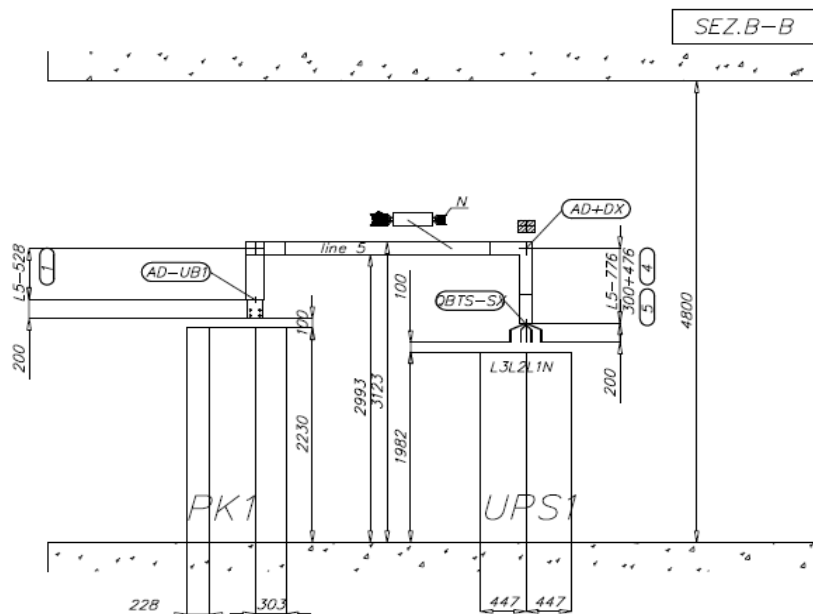


Kuva 37 SCPA1 1600 A virtakiskolinjojen asennuspiirustus.[11]

Tehdaspiirustuksessa on kaikki tarpeelliset poikkileikkauskuvat korkotietoineen, jotta virtakiskon asennus voidaan suorittaa oikein. Kiskolinjassa esiintyvät vaiheen ja taajuuksien kääntymisen esitetään suoraan kappaleeseen liitetyllä piirroksella tai viitteellä. Virtakiskolinjan eri osapituuksien tarkat pituudet näkyvät piirustuksissa ja kiskolinjassa käytetyt kappaleet numeroidaan (kuvat 38 – 39).

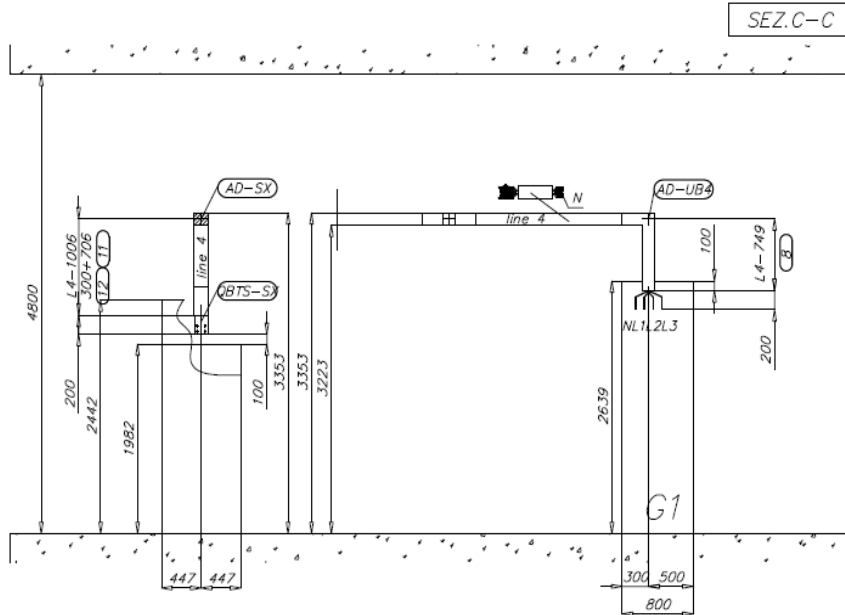


Kuva 38 SCPA1 1600 A virtakiskolinjan poikkileikkauspiirustus keskuksen ja muuntajan välillä.[11]

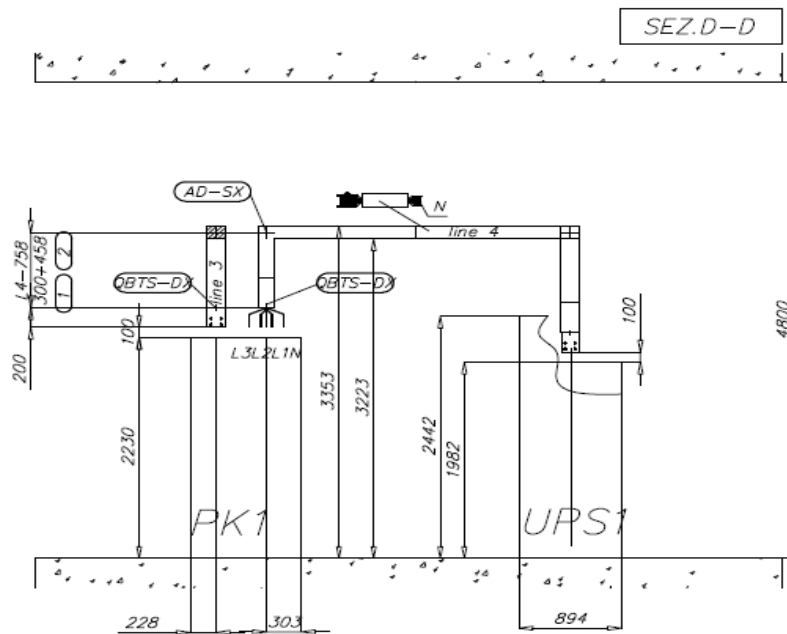


Kuva 39 SCPA1 1600 A virtakiskolinjan poikkileikkauspiirustus keskuksien välillä.[11]

Tehdaspiirustuksessa voi olla useampi poikkileikkauspiirustus samasta virtakiskolinjasta tasopiirustuksen lisäksi. Poikkileikkauspiirustuksilla selvennetään merkittävästi virtakiskolinjan asentamista, koska niissä näkyvät keskuskappaleiden liitântäkiskojen oikea sijainti (kuvat 40 – 41).

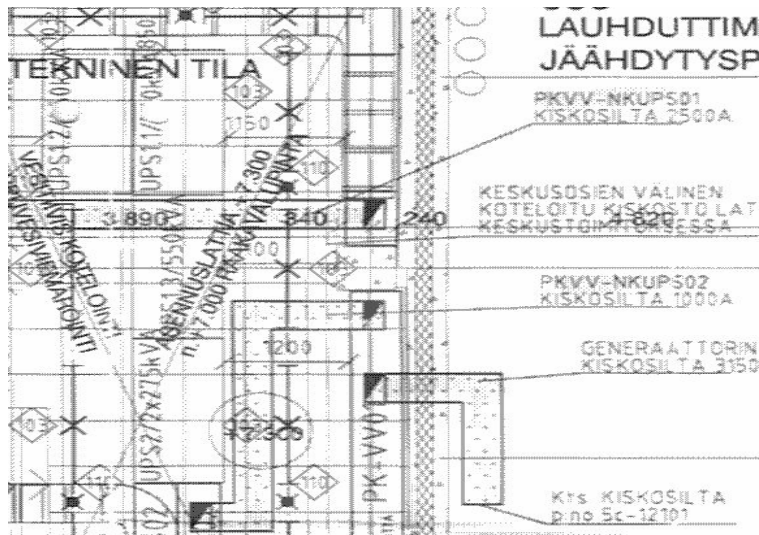


Kuva 40 SCPAl 1600 A, virtakiskolinjan poikkileikkauspiirustus keskuksen ja generaattorin välillä.[11]



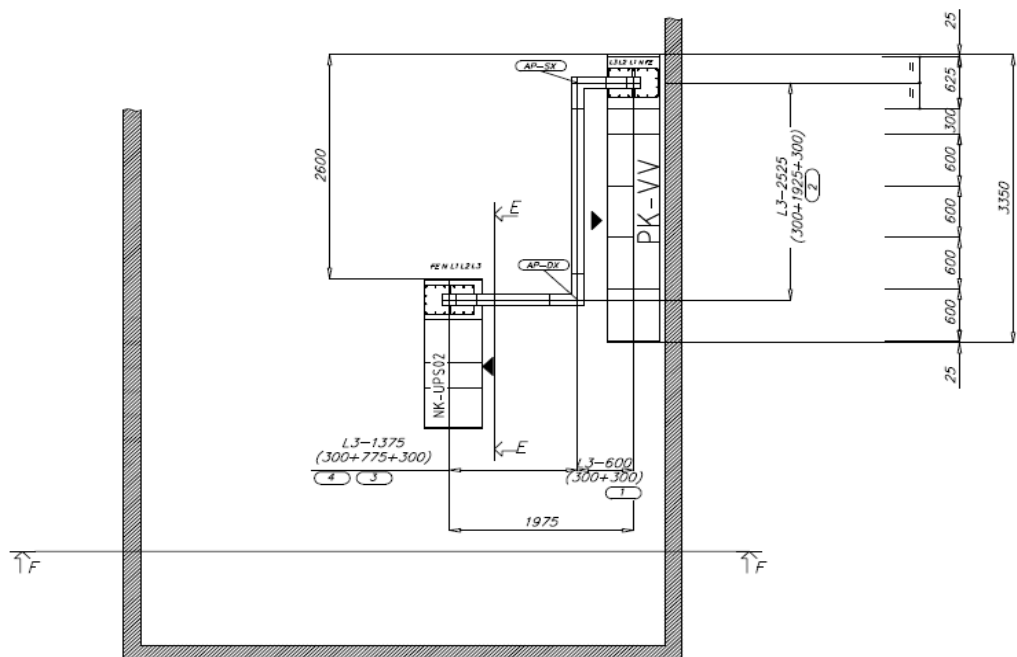
Kuva 41 SCPAl 1600 A, virtakiskolinjan poikkileikkauspiirustus keskuksen ja UPS-keskuksen välillä.[11]

Tehdaspiirustuksen ero sähkösuunnittelijan piirustukseen on merkittävä. Kiskolinjan tarkka sijainti näkyy tehdaspiirustuksessa. Sähkösuunnittelijan tasopiirustuksessa virtakiskon lähtö- ja tulopää on liitetty kahteen keskukseseen ja kiskolinjaan on merkitty kiskon pystykulmat vaakakulmien lisäksi, mutta tarkkoja mittatietoja ei esitetä (kuva 42).



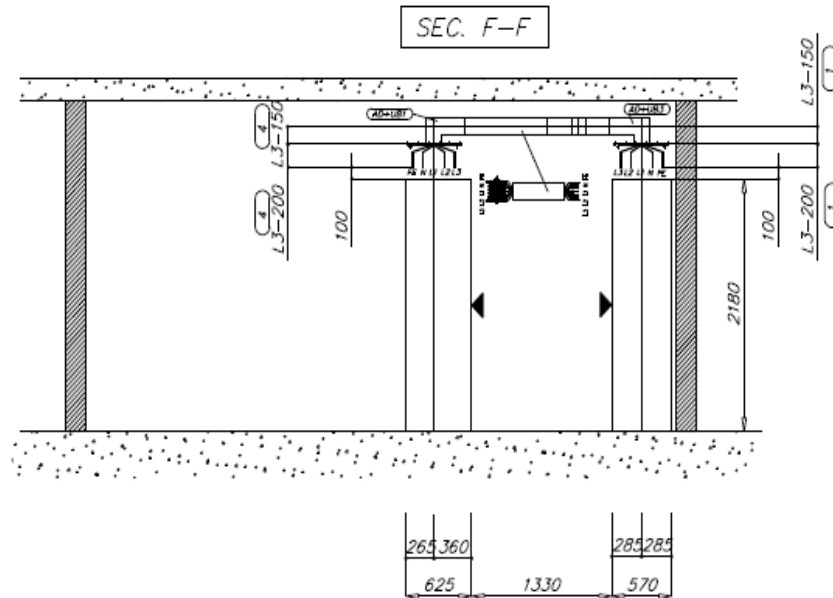
Kuva 42 SCPA1 1600 A virtakiskolinjan tasopiirustus keskusten välillä.[8]

Tehdaspiirustuksessa esitetään tasopiirustus ja poikkileikkauspiirustus. Näissä piirustuksissa esitetään yksikäsitteisesti kiskolinjan kulku, asennuskorkeus, vaihejärjestys sekä kiskolinjan osapituudet (kuva 43).



Kuva 43 SCPA1 1600 A virtakiskolinjan tehdaspiirustuksen tasopiirustus.[12]

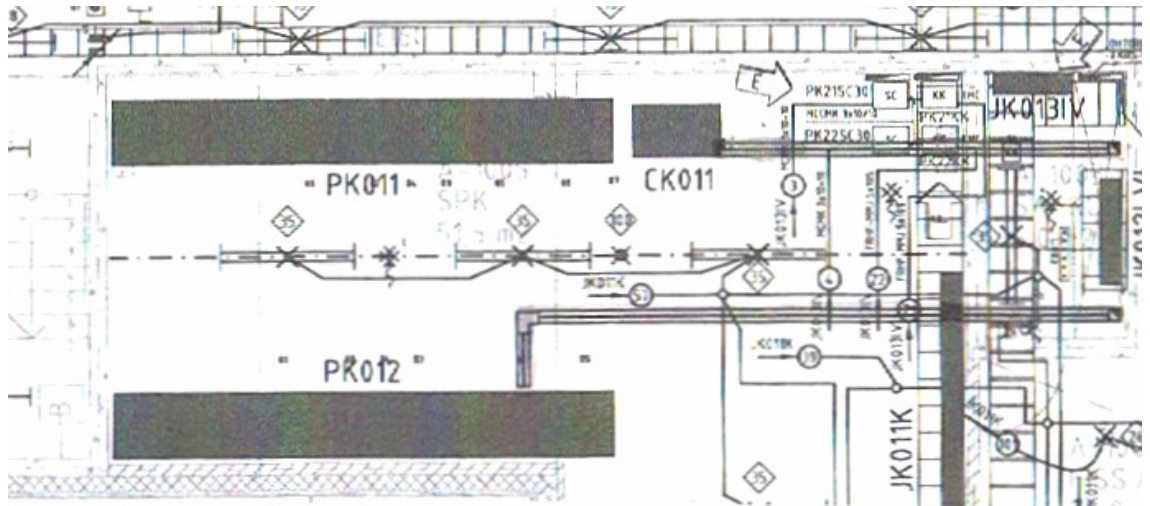
Tasopiirustuksessa on aina viittaus jokaiseen siihen liittyvään poikkileikkauspiirustukseen. Jokainen poikkileikkauspiirustus selventää kiskolinjan asennuskorkeutta ja keskuspäiden vaihejärjestystä (kuva 44).



Kuva 44 SCPA1 1600 A virtakiskolinjan tehdaspiirustuksen poikkileikkauspiirustus.[12]

Liitteessä 1 on esitetty yhden toimitusprojektin kiskolinjojen tehdaspiirustus. Tehdaspiirustuksessa esitetään kolme kiskolinjaa, jotka liittävät yhteen kolme pääkeskusta (liite 1).

Kiskolinjan eteneminen lähtö- ja tulopisteen välillä tarkastetaan sähkösuunnitelmasta ja sähköpiirustuksista. Linjasuunnitelma on aina yleisellä tasolla tehty ja lopullinen reitti voi muuttua mitoituksessa. Linjasuunnitelman muutokset ovat todennäköisiä, kun lähtötiedot ovat epätäydellisiä tai ne muuttuvat suunnittelun aikana. Linjan varrelle on myös voinut tulla rakennelmia, joita ei ole tiedetty vielä suunnitteluvaiheessa. Nämä muutoksia aiheuttavat tilanteet selviävät vasta mitoituksen aikana (kuvat 46 – 47).

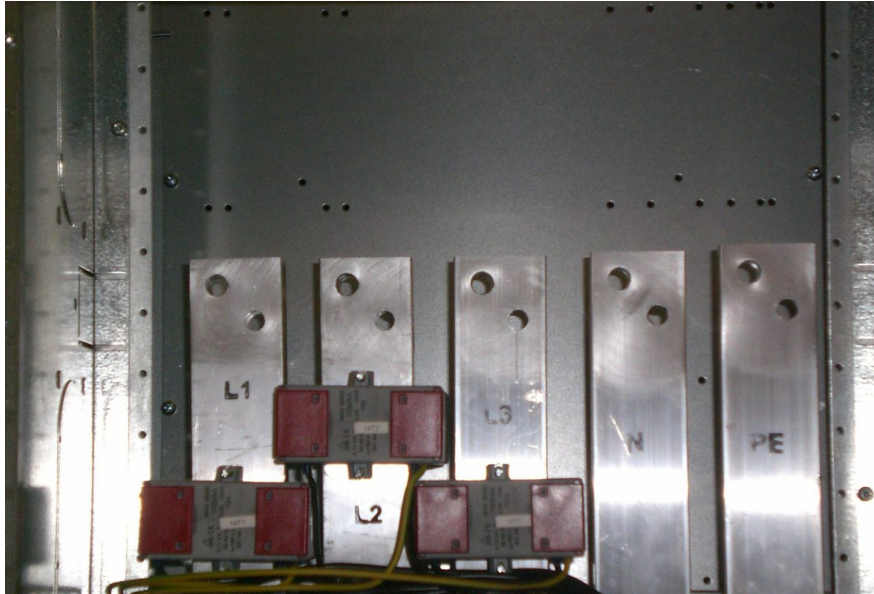


Kuva 46 Virtakiskolinjojen alustava reittisuunnitelma.[14]



Kuva 47 Virtakiskolinjojen alustava reittisuunnitelma nousukuilussa.[14]

Mitoitus aloitetaan valokuvaamalla virtakiskolinjan reitin merkittävimmät kohdat. Tämä auttaa myös tehdassuunnittelijaa ymmärtämään kiskolinjan tulevan ympäristön. Keskuksessa oleva katkaisijakennon vaihejärjestys ja liitäntöjen korkeus tarkastetaan ja mitataan (kuva 48).



Kuva 48 Keskusten virtakiskon liitäntäkennon vaihejärjestys ja liitäntäkorkeus.

Keskusten valokuvat sijaintipaikallaan auttavat tehdassuunnittelijaa tehdaspiirustuksen tekemisessä, ja täydentävät ja selventävät paikan päällä tehtyä mitoituspiirustusta (kuva 49).



Kuva 49 Sähkökeskukset lopullisella sijaintipaikallaan sähköpääkeskustilassa.

Mitoituksen aikana havaitut ylitettävät/alitettavat kierrettävät rakenteet tai muut pakoilleenasennetut LVIS-linjat todetaan ja ne paikannetaan mitoituspiirustukseen (kuva 50). Näiden linjojen virheellinen paikantaminen aiheuttaa sopimattomien osien toimituksen kiskolinjaan.



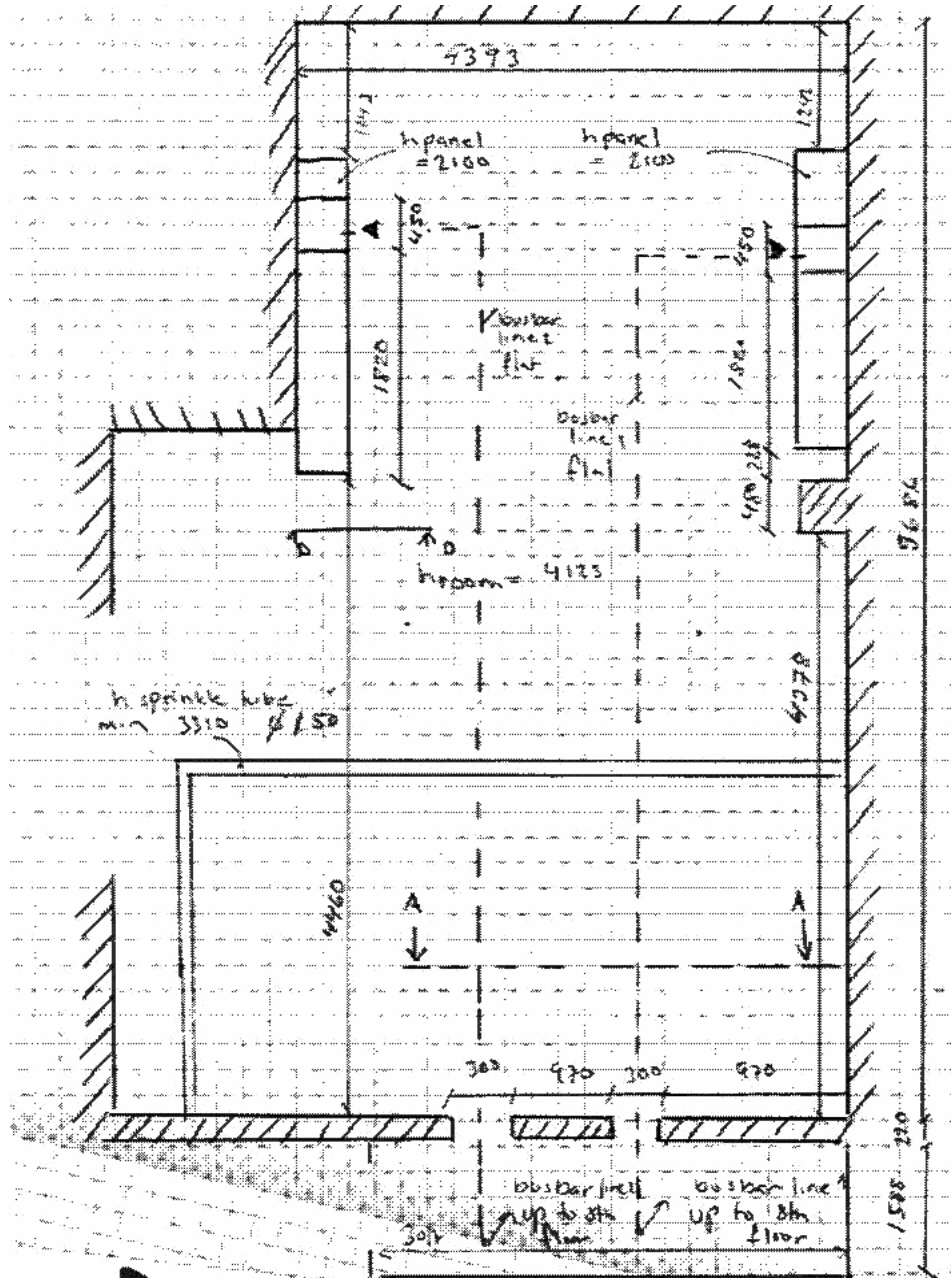
Kuva 50 Virtakiskojen asennusreitillä havaittu ylitettävä putkilinja.

Mitoituksessa mittaustarkkuusvaatimus on 1 mm, koska virtakiskot esitetään tehdaspiirustuksissa samalla mitoitus tarkkuudella. Mitoituksessa käytetään apuna erilaisia laser-mittalaitteita, joilla on vaadittu mittaustarkkuus (kuva 51).



Kuva 51 Virtakiskolinjan mitoitus laser-mittalaitteen avulla.

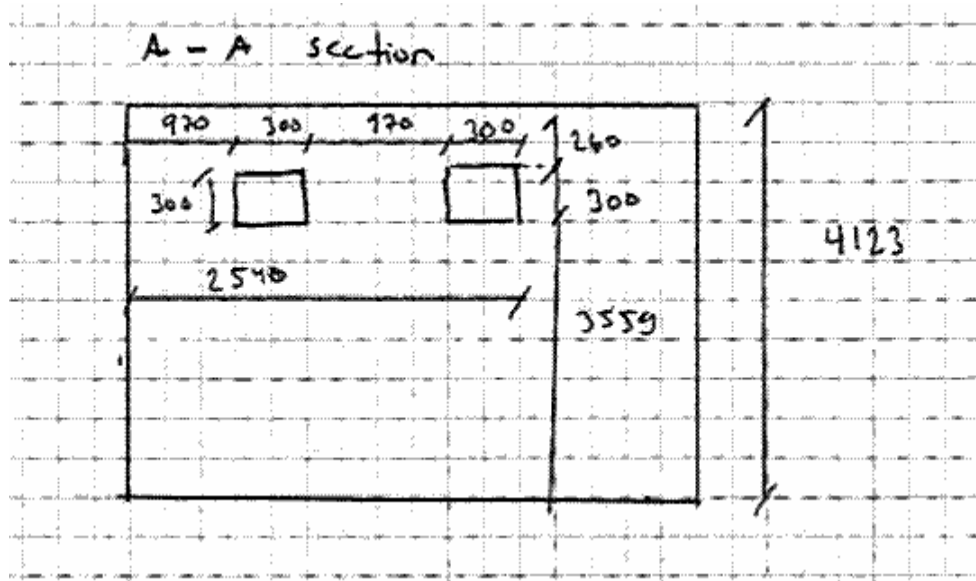
Mitoituspiirustus tehdään sijoittamalla virtakiskon reitin lähtö-/tulopisteet taso-kuvaan ja kaikki tarvittava mittaustieto esitetään kuvassa. Tarvittavia mittaustietoja ovat keskusten sijainti ja niiden korkeudet, syvyydet, leveydet lähtökennojen sijainti, kaikki tarvittavat korkeustiedot, reitillä olevat esteet ja kiinteät rakennelmat. Siirryttäessä tilasta toiseen on mitattava myös seinämien paksuudet ja korkeudet. (kuva 52).



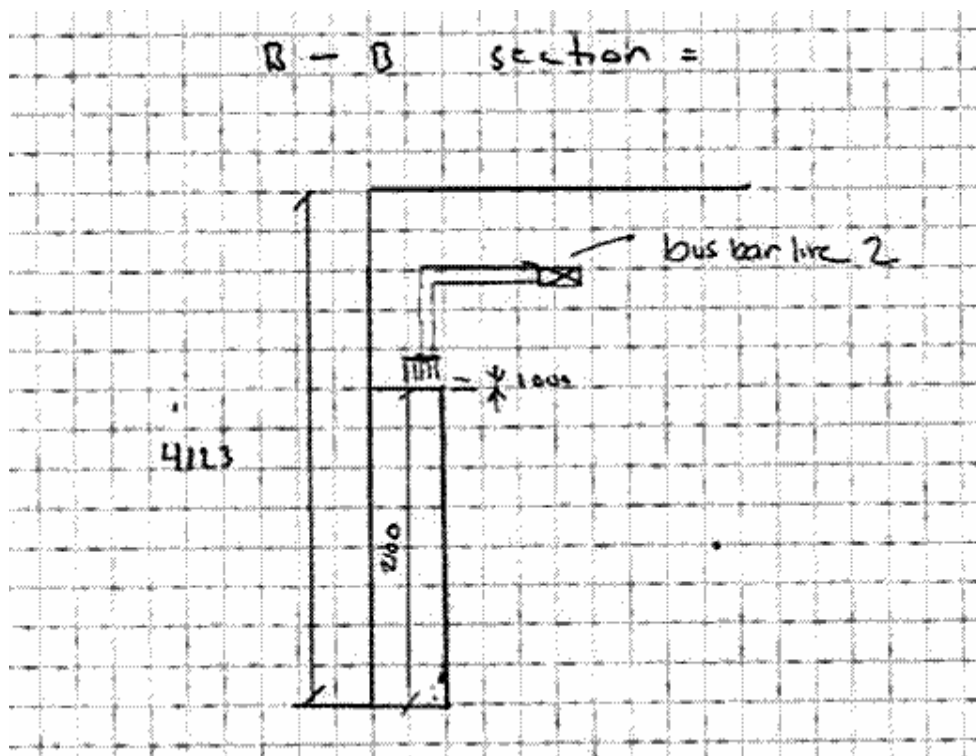
Kuva 52 Mitoituksen tasopiirustus, jossa merkitty poikkileikkauspiirustuksen viite.

Mitoituksen voi joutua myös tekemään ilman että sähkökeskuksia ei ole asennettu paikoilleen. Näissä tapauksissa keskusten sijainti merkitään lattiatasoon, jotta mitoitus voidaan tehdä. Tämä tilanne tapahtuu, kun aikataulullisista syistä halutaan aikaistaa virtakiskojen toimitusta. Mittaustuloksien oikeellisuus on tällöin varmistettava usealla tarkastusmittauksella.

Tasokuvaan piirretään myös tarvittavat poikkileikkauskuvat, jotta tehdassuunnittelu saa reitin suunnitteluun kaikki tarvittavat ja riittävät tiedot (kuvat 53 – 54).



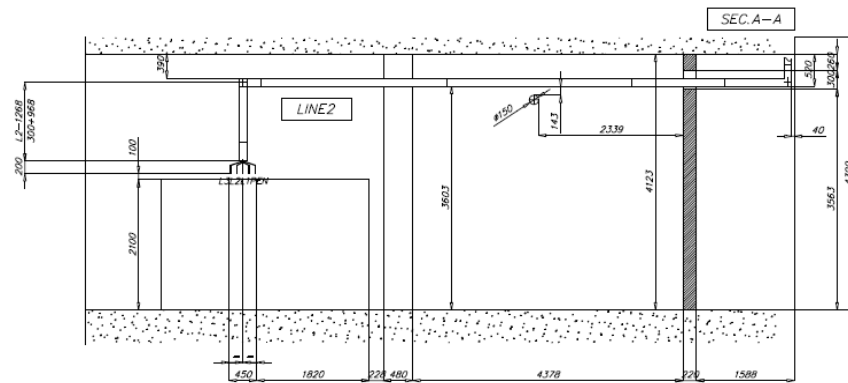
Kuva 53 Mitoituksen tasopiirustusta täydentävä poikkileikkauskuva.



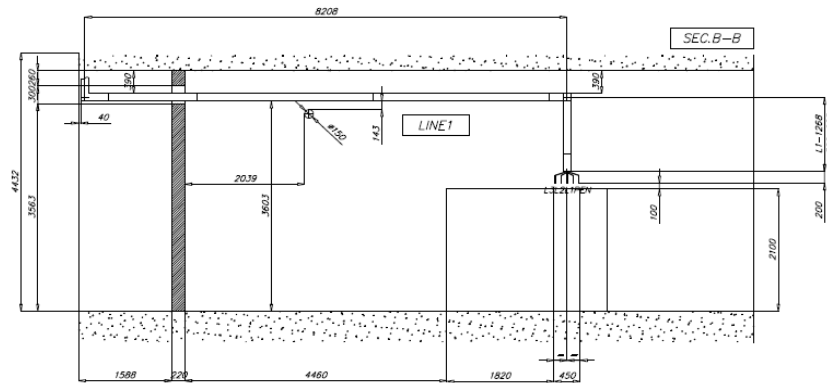
Kuva 54 Mitoituksen tasopiirustusta täydentävä virtakiskolinjan sijoituskuva.

Pystynousukuilussa mitoitetaan kukin kerroskorkeus erikseen kuten kerrosten väliset lattian paksuudet. Tehdassuunnittelija pystyy näin määrittelemään nousukiskoon

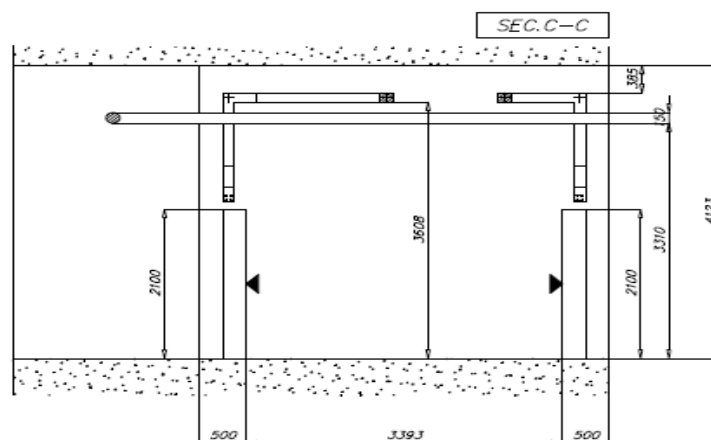
Tehdaspiirustuksen tasokuvassa on viitteinä poikkileikkauskuvat, jotka esitetään samassa piirustuksessa (kuvat 57 – 59).



Kuva 57 SCPAl 1250 A virtakiskojen tasopiirustuksen 1. poikkileikkauspiirustus.[15]



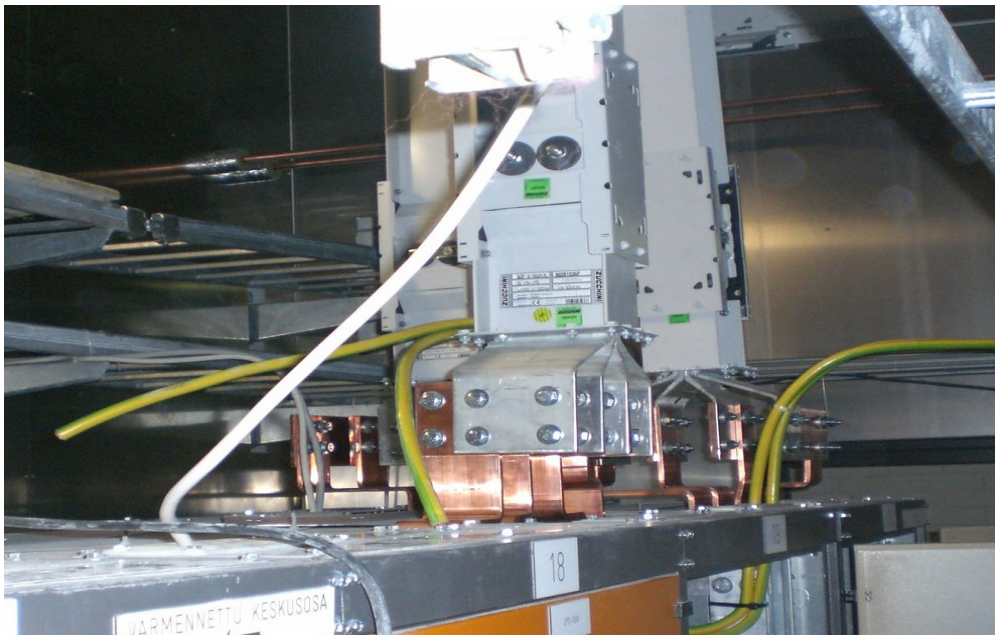
Kuva 58 SCPAl 1250 A virtakiskojen tasopiirustuksen 2. poikkileikkauspiirustus.[15]



Kuva 59 SCPAl 1250 A virtakiskojen tasopiirustuksen 3. poikkileikkauspiirustus.[15]

4.2. Virtakiskojen asennus

Tehdaspiirustus on asennuspiirustus. Kiskokappaleet numeroidaan ja niihin merkitään myös kappaleiden pituus. Siten virtakiskolinjan asennus suoritetaan oikein ja asennusaikaa ei kulu kiskokappaleiden turhaan järjestelyyn. Virtakiskolinjan asennus aloitetaan keskuskappaleen asentamisesta. Asennuskohta määrätään tarkasti asennuspiirustuksessa. Oikea asennuskohta on edellytys, että kiskolinja pysyy sille suunnitellulla paikalla koko reitin matkan ja päättyy loppupisteessä oikeaan kohtaan. Ensimmäisen osan, keskuskappaleen, asentamiseen kuluu enemmän aikaa kuin kiskolinjan muihin osien asennukseen, koska keskuskappaleen kiinnityksien suunnittelu ja asentaminen vaatii suurta tarkkuutta. Nyt käytettävällä asennustavalla keskuskappaleen sijainti mitoitetaan keskuksen lähtökennon katon keskellä 100 mm katon yläpuolelle, jotta keskuskappaleen ja katkaisijan liitokselle jää riittävästi tilaa (kuva 61).



Kuva 61 SCPA1 1600 A virtakiskojen keskuskappaleet keskuksen kennojen päällä.

Keskuskappaleen jälkeen virtakiskolinjan asentaminen etenee kappalekohtaisesti tehdaspiirustuksen mukaisesti. Asennuskorkeudet esitetään asennuspiirustuksessa ja niiden korkeustason oikeellisuutta valvotaan koko asennustyön ajan. Oikean asennuskorkeuden noudattaminen vaatii erityistä huolellisuutta tiloissa, joissa sekä lattia että katto on kalteva.

Kiskolinjan asennuksessa käytetään ristilinjaseria, jolla kiskolinja saadaan asennettua oikein ja vältetään sen poikkeamiset asennusreitiltä. Ristilinjaser lähettää sekä vaaka- että pystysuuntaista lasersädettä viivamaisesti. Ristilinjaser sijoitetaan siten, että lasersäteet osoittavat asennettavan virtakiskon keskilinjan (kuva 62).



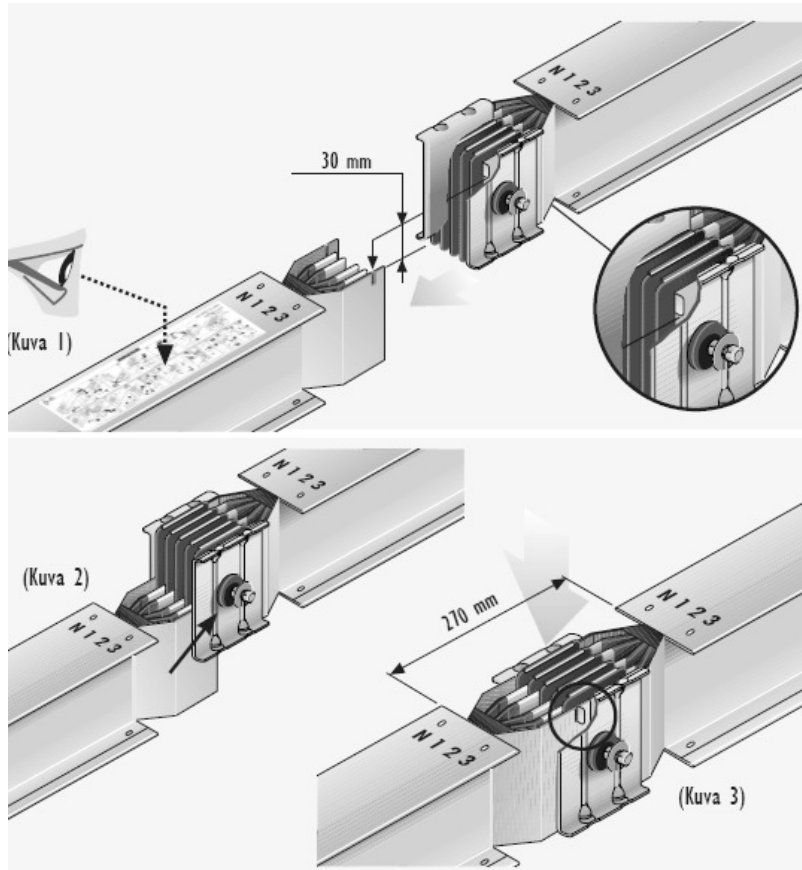
Kuva 62 Ristilinjaserin sijoittaminen asennettavan virtakiskon keskilinjaan.

Asennus etenee lasersäteen avulla suunnitellulla reitillä. Muita mittauksia kiskolinjan sijainnista ei tarvitse tehdä (kuva 63).



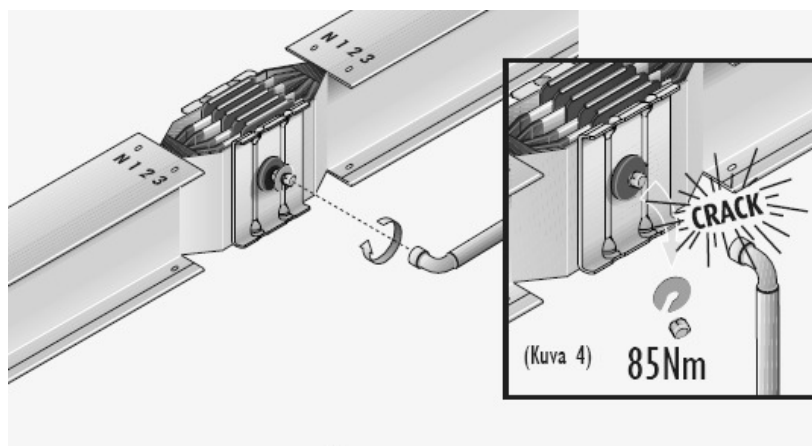
Kuva 63 Ristilinjaserilla kohdistettu kiskolinjan yksi suora osuus.

Monobloc-liitoksissa on hammastus, millä sovitetaan jokaisessa liitoksessa virtakiskokappaleiden oikea etäisyys toisistaan (kuva 64).



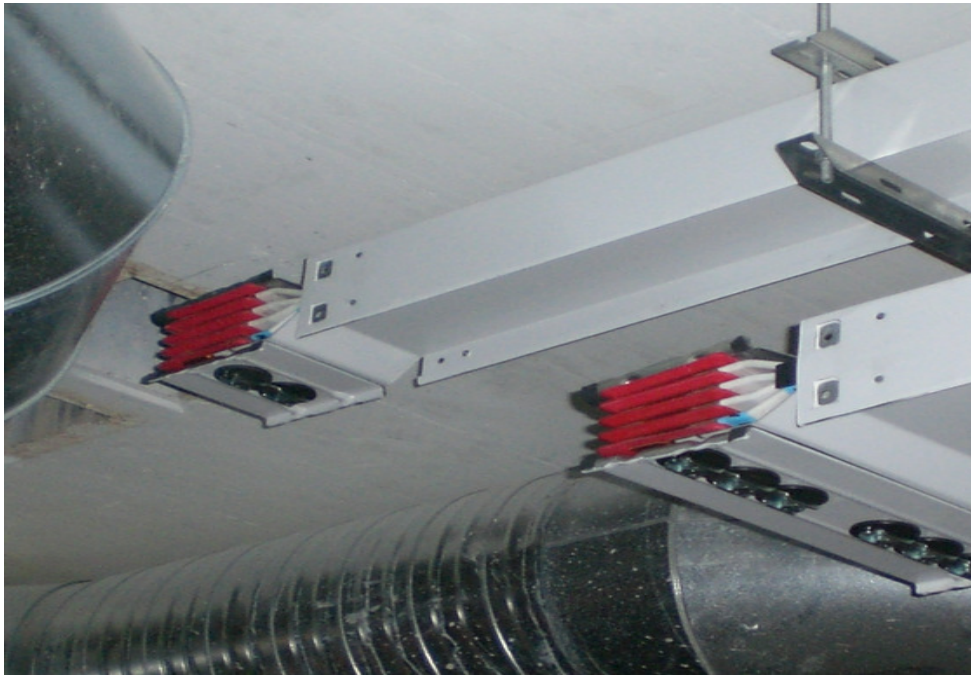
Kuva 64 SCPAl virtakiskojen yhdistäminen.[4]

Monoblocin kaksoisvääntömutterin kiristysmomentti on virtakiskoissa tyyppikohtainen. SCP-virtakiskossa riittävä kiristysmomentti on 85 Nm, jonka ylittyessä kaksoismutterista ulompi katkeaa. Asentamisessa virheiden mahdollisuus pienenee kun oikeaa kiristysmomenttia ei täten tarvitse asettaa momenttiavaimeen. Liitokset ovat samassa kireydessä (kuva 65). Liitoskohtaan asennetaan suojakannet.



Kuva 65 SCPAl Monobloc-liitoksen oikea kiristysmomentti.[4]

Monobloc-liitokseen liitettävässä virtakiskossa on merkittynä virtakiskon johtimien vaihejärjestys ja N-johdin on merkitty sinisellä merkintänauhalla oikean asennussuunnan varmistamiseksi (kuva 66).



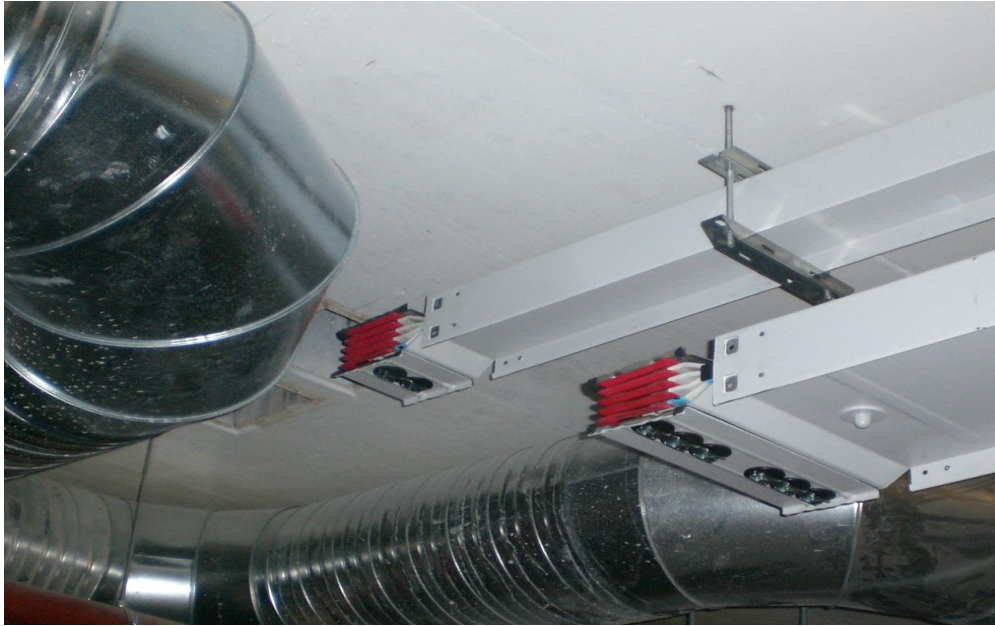
Kuva 66 SCPAI 3200 A ja 1600 A virtakiskossa näkyvät N-johtimen merkintänauhat.

Koska virtakiskot on mitoitettu 1 mm:n tarkkuudella, ei asennusvaiheessa ole mahdollista tehdä reittiin muutoksia vaan reitin tielle tulevat muut asennukset on helpompi siirtää pois reitiltä (kuva 67).



Kuva 67 SCPAI 3200 A virtakiskon asennusreitillä esteenä olevat sprinkleriputket on katkaistu.

Muut asennettavat linjat myös kiertävät virtakiskojen ohitse koska niiden osia voidaan jatkaa/katkaista, kun virtakiskon kappaleita ei voi katkaista tai jatkaa (kuva 68).



Kuva 68 LVI-linja kiertää asennettavia virtakiskolinjoja.

Virtakiskolinjan kanssa samoissa tiloissa on LVI-linjoja, sprinkleri-linjoja ja kaapelihyllyjä, mitkä väistävät kiskolinjaa (kuva 69).



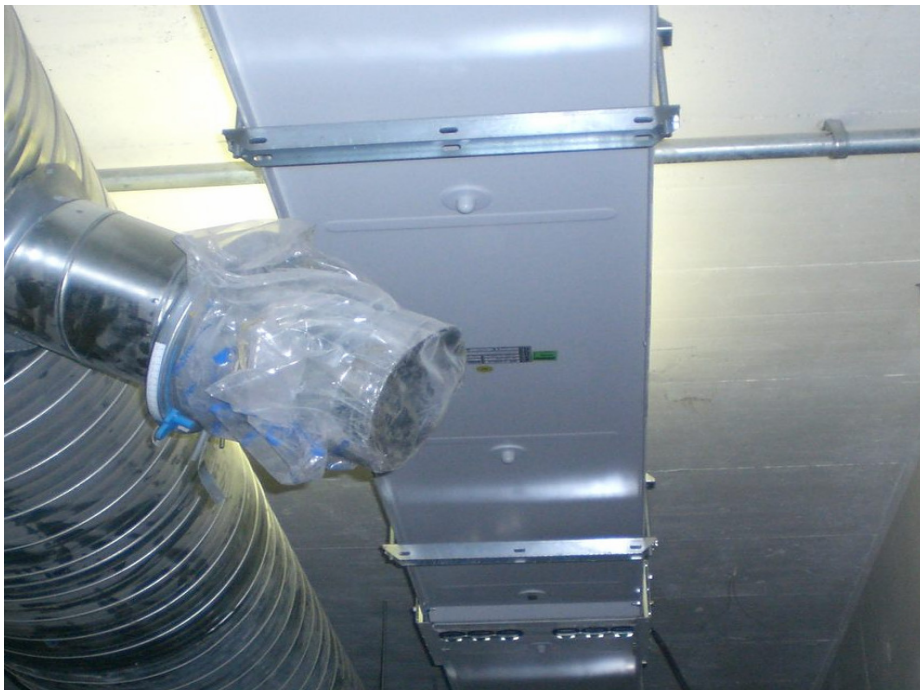
Kuva 69 SCPAL 1600 A virtakisko ylittää sprinkleri-linjan ja kaapelihyllyn.

Virtakiskoja asennetaan tehdaspiirustusten mukaisesti ja eri linjat voivat olla päällekkäin samoissa kattoripustimissa. Kiskojen etäisyys toisistaan esitetään tehdaspiirustuksessa (kuva 70).



Kuva 70 SCPAI 3200 A ja 1600 A virtakiskot asennettuina päällekkäin.

Virtakiskoasennukset on tehtävä toteutusprojektissa mahdollisimman aikaisin, ennen kuin asennusreitille tulee muita asennuslinjoja ja niiden osia (kuva 71)



Kuva 71 SCPAI 3200 A virtakiskon alapuolelle asennettuja LVI-linjan puhaltimia.

Muiden asennuslinjojen kiertäminen ja ylittäminen lattiatason yläpuolella hidastaa asennusta huomattavasti. Yhden kiskokappaleen asentamiseen kahden LVI-linjan ylitse voi kulua asennusryhmän työaikaa koko päivä, kun normaalisti yhden kiskokappaleen asentaminen kestää 1-2 tuntia (kuva 72).



Kuva 72 SCPAl 3200 A virtakisko ylittää kaksi aiemmin asennettua LVI-linjaa.

Virtakiskolinjan asennus jatkuu kappalekohtaisesti asennuspiirustuksen mukaisesti ja päättyy tulopisteen keskuskappaleeseen tai päätykappaleeseen (kuva 73).



Kuva 73 SCPAl 1600 A virtakiskolinjan asennus valmiina tulopäässä.

Vaativia asennuksia ovat kiskolinjat, jotka asennetaan saneerauskohteissa. Asennus-tilassa on usein kaapelihyllyjä ja putkilinjoja, mitkä hidastavat asennusta merkittävästi. Kaapelihyllyjä voidaan siirtää kiskolinjan tieltä, jos kaapelien pituudet sen sallivat. Putkilinjoja voidaan kääntää tarvittaessa. Eri virtakiskolinjoja voidaan yhdistää keskuskappaleiden välityksellä (kuva 74).



Kuva 74 Eri valmistajien, Schneider-Electric ja Zucchini SpA, virtakiskolinjojen keskuskappaleet valmiina yhdistettäviksi.

Virtakiskolinjan keskuskappaleet on kytkettävä keskuksen katkaisijan liittimiin. Katkaisijan liittimet sijaitsevat joko kennon alaosassa tai yläosassa. Yläosan sijainti on yleinen ja keskuskappale sijoitetaan joko kennoon tai sen yläpuolelle. Keskuskappaleen liittimistä mitataan etäisyydet katkaisijan liittimiin. Tarvittavat liitoskiskot taivutetaan ja kytketään yhdistämään virtakisko keskuksen (kuvat 75 – 76).



Kuva 75 SCPAI 1600 A keskuskappaleen kytkennän mitoitus keskuskytkentää varten.



Kuva 76 SCPAI 1600 A keskuskappaleen liitöntäkuparit yhdistävät virtakiskon keskukseseen.

Liitöntöjen asennuksen jälkeen keskuskappaleet koteloidaan, jotta virtakiskon suojausluokka on riittävä koteloinnissa. Tämän jälkeen asennus on valmis (kuva 77).



Kuva 77 SCPAI 1600 A keskuskappaleet keskukseseen kytkettyinä ja koteloituna keskuksen päälle.

4.3. Virtakiskojen koestus ja käyttöönottomittaukset

Virtakiskojen asennusten jälkeen virtakiskolle tehdään silmämääräisen tarkastuksen jälkeen vähintään eristysvastusmittaus. Eristysvastusmittauksella varmennetaan virtakiskon johtimien eristysten kunto ennen käyttöönottoa [16]. Eristyksen vikaantuminen aiheuttaa oikosulun ja kiskokappaleen vikaantumisen. Eristysvastusmittauksesta tehdään pöytäkirja, mikä luovutetaan virtakiskon käyttöönoton yhteydessä tilaajalle (liite 2).

Muita mittauksia ovat lämpökuvaus ja magneettikenttien mittaukset. Lämpökuvaus tehdään tarvittaessa käyttöönoton yhteydessä, jolloin virtakiskoa kuormitetaan vähintään nimellisvirralla. Tällöin mitattavasta kohteesta voidaan tutkia virtakiskon pintalämpötiloja ja etsiä mahdollisia poikkeavia kohtia [17]. Lämpökuvausta käytetään koko virtakiskolinjan kuvauksessa ja erityisesti eri kiskokappaleiden liitoskohtien tarkastamisessa. Lämpökuvaus tehdään myös virtakiskon liitoksissa sähkökeskuksien, muuntajien ja generaattorin katkaisijoiden liittimiin (kuva 78).



Kuva 78 SCPAI 1250 A virtakiskojen lämpökuvaus.

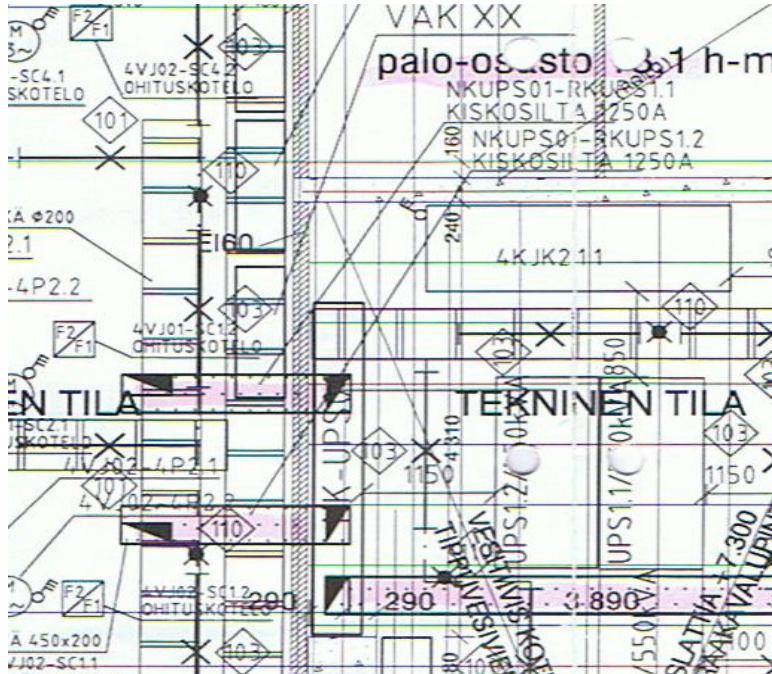
Magneettikenttien mittaukset suoritetaan, mikäli hankintaspesifikaatiossa näin vaaditaan. Mittauksien tarkoituksena on varmistaa, että virtakiskojen magneettikentät eivät ylitä terveyteen liittyviä suositusarvoja tai ylitä laitevalmistajien omia vaatimustasoja, jotka voivat aiheuttaa laitehäiriöitä [18]. Lääkintätiloissa ja ATK-konesaleissa magneettikenttien vaikutukset ovat haitallisia, joten niissä sijaitsevien

virtakiskojen ja kaikkien sähkölaitteiden magneettikenttiä vastaan suojaudutaan tiukempien vaatimuksien avulla.. Magneettikenttien mittaukset suoritetaan 50 Hz taajuudella (kuva 79).



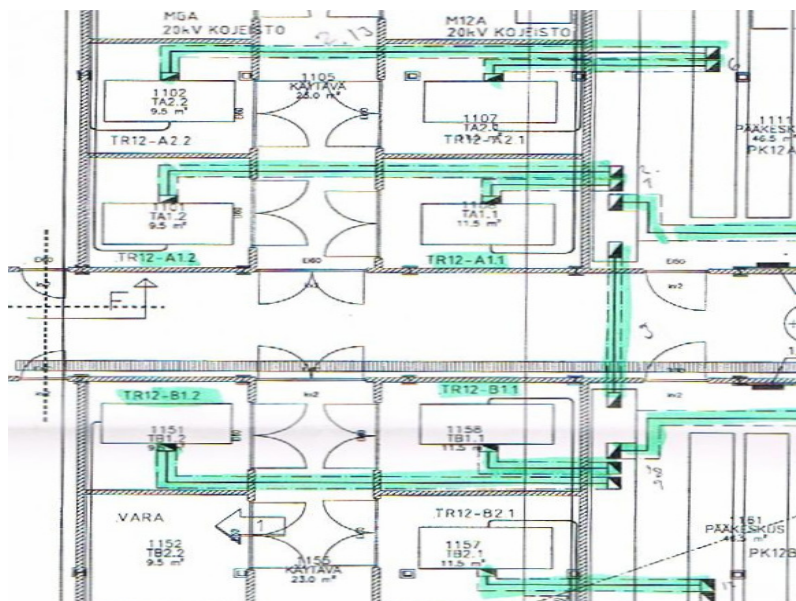
Kuva 79 SCPAI 1250 A virtakiskon magneettikentän mittaus.

mittakaava lisää virhetulkinnan mahdollisuuksia kiskolinjan kokonaispituutta arvioidessa. Virhearvioinnin suuruus kasvaa pitkällä kiskolinjoilla, jos kiskolinjan tasopiirustuksen mittasuhte on suurempi kuin 1:50. Kiskolinjan pystynousuja ei usein esitetä poikkileikkauspiirustuksena, mikä aiheuttaa virhetulkintoja kiskolinjan pystyosan pituudessa (kuva 81).



Kuva 81 Virtakiskolinjan tarjouspyyntöpiirustus 2.[8]

Tarjouspyyntöasiakirjoissa lyhyet virtakiskolinjat esitetään myös vain keskusten välillä ilman poikkileikkauspiirustuksia. Tasopiirustuksessa näkyvät kiskolinjan lähtö- ja tulopisteet, mutta kulmakappaleen pituuden arvioimisessa voi tulla virheitä (kuva 82).



Kuva 82 Virtakiskolinjan tarjouspyyntöpiirustus 3.[19]

Tasopiirustuksien perusteella virtakiskolinjojen kokonaispituuksissa voi tulla virhearviointeja. Jos kiskolinjan pituus on arvioitu liian lyhyeksi tarjousvaiheessa todelliseen pituuteen verrattuna, tämä voi aiheuttaa taloudellisia menetyksiä virtakiskourakoitsijalle. Epätarkat piirustukset eivät aiheuta kuitenkaan toimitusprojektin viivästymistä tarjousvaiheessa.

Rakennusten eri kerrosten pystyleikkauspiirustuksien puuttuminen tai väärinymmärtäminen voi aiheuttaa sen, että kiskolinjan kulkureitti päätellään väärin. Erityisesti kiskolinjan pystynousun osalta vaaka- ja pystypilarien sijainti kiskolinjassa on määriteltävä oikein (kuva 83).



Kuva 83 Rakennuksen kerrosten välissä oleva vaakapilari.

5.2. Mitoituksen ongelmat

Virtakiskoprojektin toteuttaminen edellyttää tilaajan kanssa sovitussa aikataulussa pysymistä. Yksikään virtakiskoja valmistava tehdas ei varastoi tuotteitaan vaan kaikki toimitukset tapahtuvat tilauksen kautta. Jokainen virtakiskoprojekti on erilainen, missä kiskolinjojen osapituudet ovat yksilöllisiä. Tehtaat eivät voi siten tehdä sarjatuotantomaista valmistusta. Ennen tehdastoimitusta on mitoitus tehtävä paikan päällä, josta sitten muodostuu tehdaspiirustus. Tehdaspiirustus on tarkastettava vielä ennen tuotannon aloittamista. Virtakiskojen valmistusaika on useita viikkoja. Virtakiskojen toimitus tehtaalta Suomeen vaatii vähintään yhden viikon, koska kiskotoimitukset tehdään maakuljetuksina niiden suuren painon ja tilantarpeen takia.

Tämä merkitsee vähintään 6 viikon toimitusaikaa tilauksesta projektikohteelle. Toteutusprojektin toimitusprosessi on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1 Virtakiskon toimitusaika toimitusprojektissa

Tapahtuma	Ajantarve
Mitoitus projektikohteessa	1 viikko
Tehdaspiirustuksen valmistus	1-2 viikkoa
Tehdaspiirustuksen tarkastaminen	1 päivä
Virtakiskojen tehdasvalmistus	3-4 viikkoa
Kiskotoimitus projektikohteeseen	1 viikko
Kokonaisaika minimissään	6 viikkoa

Projektikohteessa suoritettava mitoituksen onnistuminen on välttämätöntä, jotta virtakiskoprojektin läpivienti pysyy aikataulussaan. Virheellisten kiskokappaleiden korvaaminen vaatii vähintään 4 viikkoa lisäaikaa. Mitoitusvirheestä johtuvan kiskokappaleen korvaaminen tuo lisäkustannuksia asennukseen ja kokonaistoimituksen viivästyminen sovitusta projektiaikataulusta voi johtaa taloudellisiin sanktioihin, kuten viivästyssakkoihin tai urakkasumman alentamiseen. Viivästyssakot lasketaan urakkatoimituksissa jokaiselta alkavalta viikolta.

UTU Elec Oy:n nykyinen mitoitus tapa sallii pienen mitoitusvirheen. Kun kiskosilta on sähkökeskusten välillä, kiskosillan keskuskappaleet kohdistetaan mitoituksessa noin 100 mm keskuksen katon yläpuolelle ja katkaisijakennon keskelle. Tyypillisesti katkaisijakentän katon mitat ovat 750 mm* 600 mm, joten pienet poikkeamat kennon keskikohdasta eivät viivästyä toimitusta. Keskuksen ja muuntajan välisen kiskosillalla pieni mitoitusvirhe ei viivästyä toimitusta, sillä kiskosilta liitetään aina joustavin kuparinpunoksin muuntajan alajännitekäämin liittimiin.

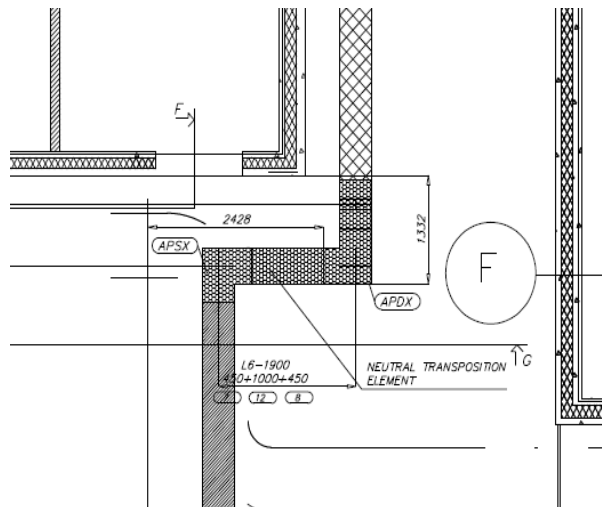
Mitoituksessa ongelmakohdat liittyvät pitkiin virtakiskolinjoihin, kun liikutaan eri tasoissa kerroksien välillä. Kun kiskosilta kulkee eri kerroksien välillä ja läpimenoaukkoja kerroksien välillä ei ole, mitoitusvirheen riski kasvaa merkittävästi, vaikka mitoitus tehdään vähintään kahteen kertaan. Lyhyissä kiskolinjoissa mitoitusvirheet ovat harvinaisempia, koska usein kiskosilta on samassa huonetilassa, jolloin mitoituksessa tapahtuva virhe on harvinainen.

5.2.1. Mitoitusongelmien esimerkkejä

4 vuoden aikana on toteutettu useita virtakiskoprojekteja. Samassa projektissa voi olla useita kiskosiltoja. Kiskosiltojen pituudet ovat olleet 5 - 170 metriä. Mitoitus on onnistunut paremmin, kun se on tehty rakennukseen, jossa on vapaat seinä-, lattia- ja kattorakenteet eikä kiskolinjan kulkureitille ei ole tullut mitään alitettavia, ylitettäviä tai

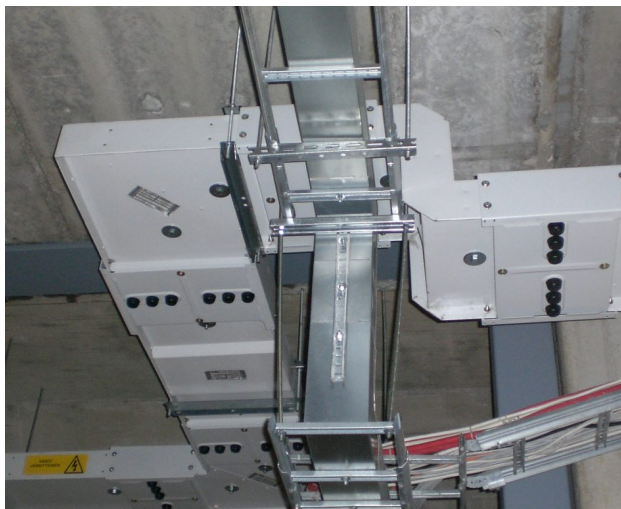
kierrettäviä esteitä. Mitoitusongelmia havainnollistetaan viiden kiskolinjan mitoittamisessa. Onnistunut mitoitus esitetään lopuksi.

Kun kiskolinja koostuu useista pitkistä suorista osuuksista, jotka ovat eri asennuskorkeuksista, tarvitaan niitä yhdistämään kulmakappaleita. Mitoituskohteessa kiskosilta sijaitsi parkkihallissa noin 4 metrin korkeudella ja yhden suoran osuuden toisessa päässä se kulki ajoliuskan yläpuolella, jolloin kiskosillan korkeusero lattiatasoon kasvoi ajoliuskan koko matkalla. Kulkureitillä oleva palosuoja-akanavan etäisyys kiskolinjasta mitoitetiin epätarkasti, koska mitoitus suoritettiin suoralla osuudella kahdessa osassa. Tehdaspiirustuksessa palosuoja-akanava olisi pitänyt esittää (kuva 84).



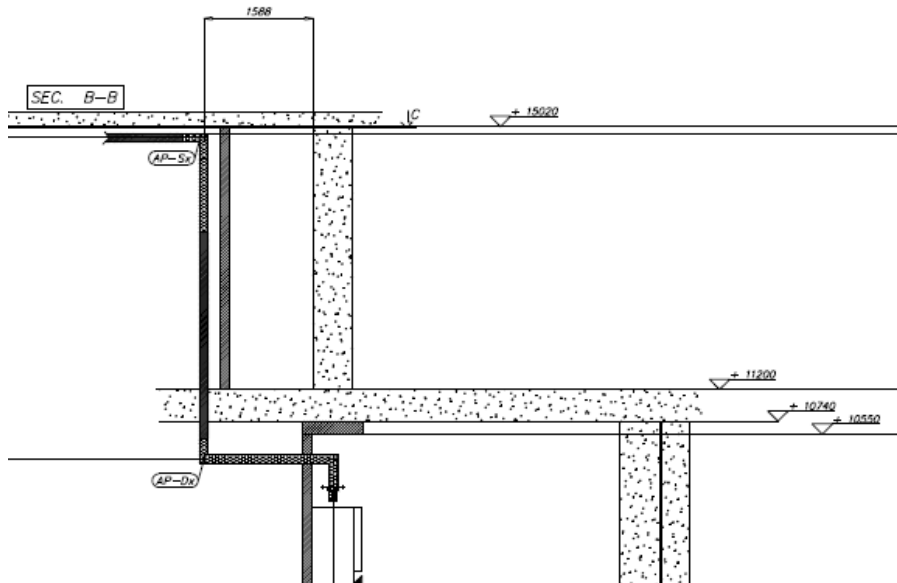
Kuva 84 SCPAL 3200 A virtakiskolinjan tehdaspiirustus.[20]

Mittaustulosten yhteenlaskemisesta johtuva virhe toi kiskosillan lähes palosuoja-akanavaan kiinni. Koska kiskosillan ja palosuoja-akanavan väliin jäi tilaa, uutta lyhempää suoraa kappaletta ei hankittu. Tämä olisi aiheuttanut toimitusviiveen projektissa (Kuva 85).



Kuva 85 SCPAL 3200 A virtakiskolinja ylittää palosuoja-akanavan.

Kiskolinjoja mitoitettiin keskustilasta LVI-huoneen katon kautta ATK- konesaliin, pohjakerroksesta 1.kerrokseen. Mitoitus suoritettiin, ilman, että kerrosten välissä oli läpimenoreikä. LVI-putket katon rajassa vaikeuttivat mitoituksen onnistumista. Kerrosten välissä oleva valulattian paksuus saatiin rakennesuunnittelijalta (kuva 86).



Kuva 86 SCP5Al 1250 A virtakiskolinjojen tehdaspiirustus.[21]

LVI-huoneen katossa olevat putket häirtäsivät mitoitusta, kun mittauslaserin säde osui niihin ja sen osuminen kattoon, oikeaan kohtaan, näkyi epäselvästi, mikä aiheutti pienen mittausvirheen (kuva 87).



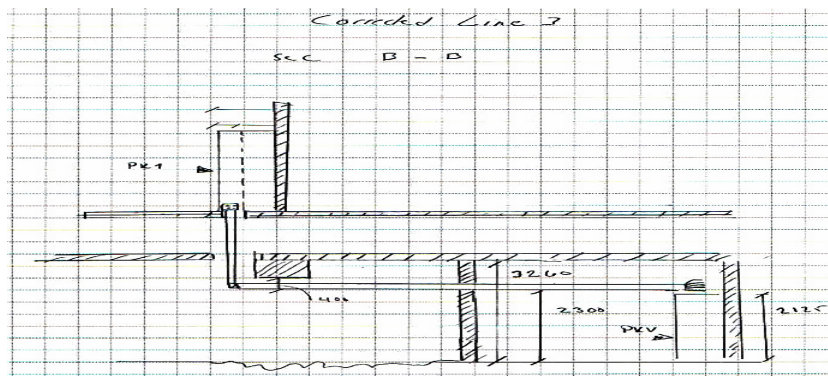
Kuva 87 SCP5Al 1250 A virtakiskot LVI-putkien yläpuolella.

Kiskolinjan mitoitus tehtiin yhdistämällä mittaustulokset: sähköpääkeskustilan reiän korkeudesta LVI-huoneen kattoon, piirustustieto läpimeno reiän paksuudesta ja ATK-konesalin korkeudesta. Koska pystysuoraa osuutta ei mitattu yhtenä kokonaisuutena, pystyosuuden mittaustulos aiheutti pienen vääristymän todelliseen korkeuteen mitatulla matkalla. Pystynousun liian suuri kokonaispituus ei kuitenkaan aiheuttanut uusien, lyhyempien suorien kappaleiden tilaamista, sillä asennus onnistui, huolimatta hyvin kapeasta välitilasta kiskosillan ja katon välissä. Vaaka-asennuksessa kiskosillan liitäntöjen katkeavat liitäntäpultit ovat kiskosillan ja katon välissä, joten asennus vaatii vähintään 150 mm vapaata tilaa kiskosillan ja katon välille. Mitoitusvirheestä johtuen vapaa tila kiskosillan ja katon välillä oli alle 100 mm (kuva 88).



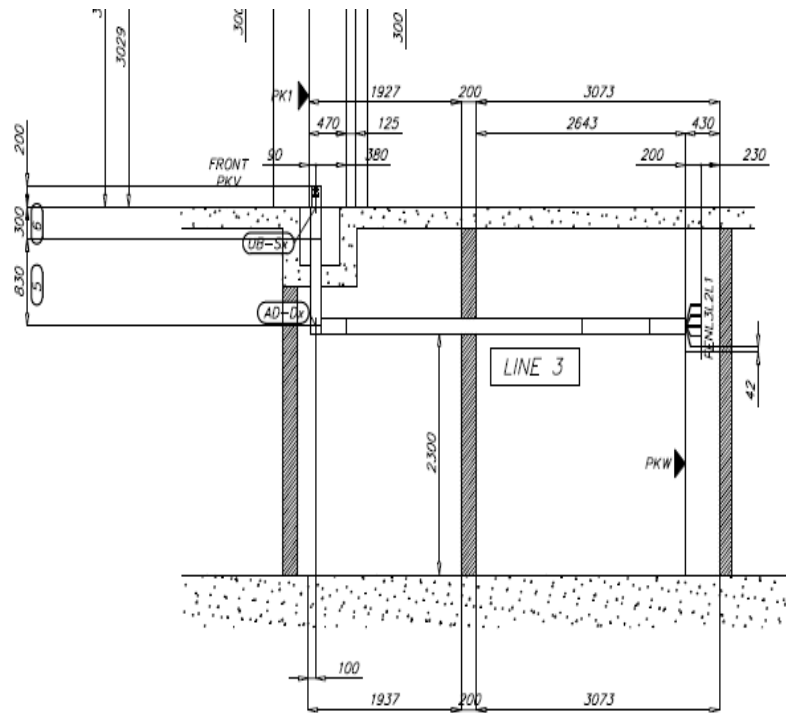
Kuva 88 SCP5Al 1250 A virtakiskojen nousu ATK-konesaliin.

Virtakiskolinjan mitoituksessa kahden eri kerroksen välillä pohjakerroksesta 1. kerrokseen olevien betonirakenteiden sijainti hahmotettiin aluksi väärin. Mitoituksessa virtakiskon pystyosuuteen olisi tullut yli 500 mm liikaa suoraa kiskoa. Tämä olisi aiheuttanut pohjakerroksessa vaakatasoon kääntyneen virtakiskon liian alhaisen korkeuden jolloin se olisi törmännyt sähkökeskukseen. Mitoitusvirhe huomattiin tarkastusmittauksessa, jolloin mitoituspiirustusta korjattiin (kuva 89). Mitoitusvirheen huomioimatta jättäminen olisi aiheuttanut uuden lyhyemmän suoran kappaleen tilaamisen ja projektin varman viivästymisen.



Kuva 89 SCP5Al 1250 A virtakiskon korjattu mitoituspiirustus.

Tarkastusmittauksesta tehdaspiirustuksen korjaukseen kului aikaa 3 päivää, mikä ei aiheuttanut kiskolinjan valmistuksen aloituksen myöhästymistä ja projektin viivästymistä (kuva 90).



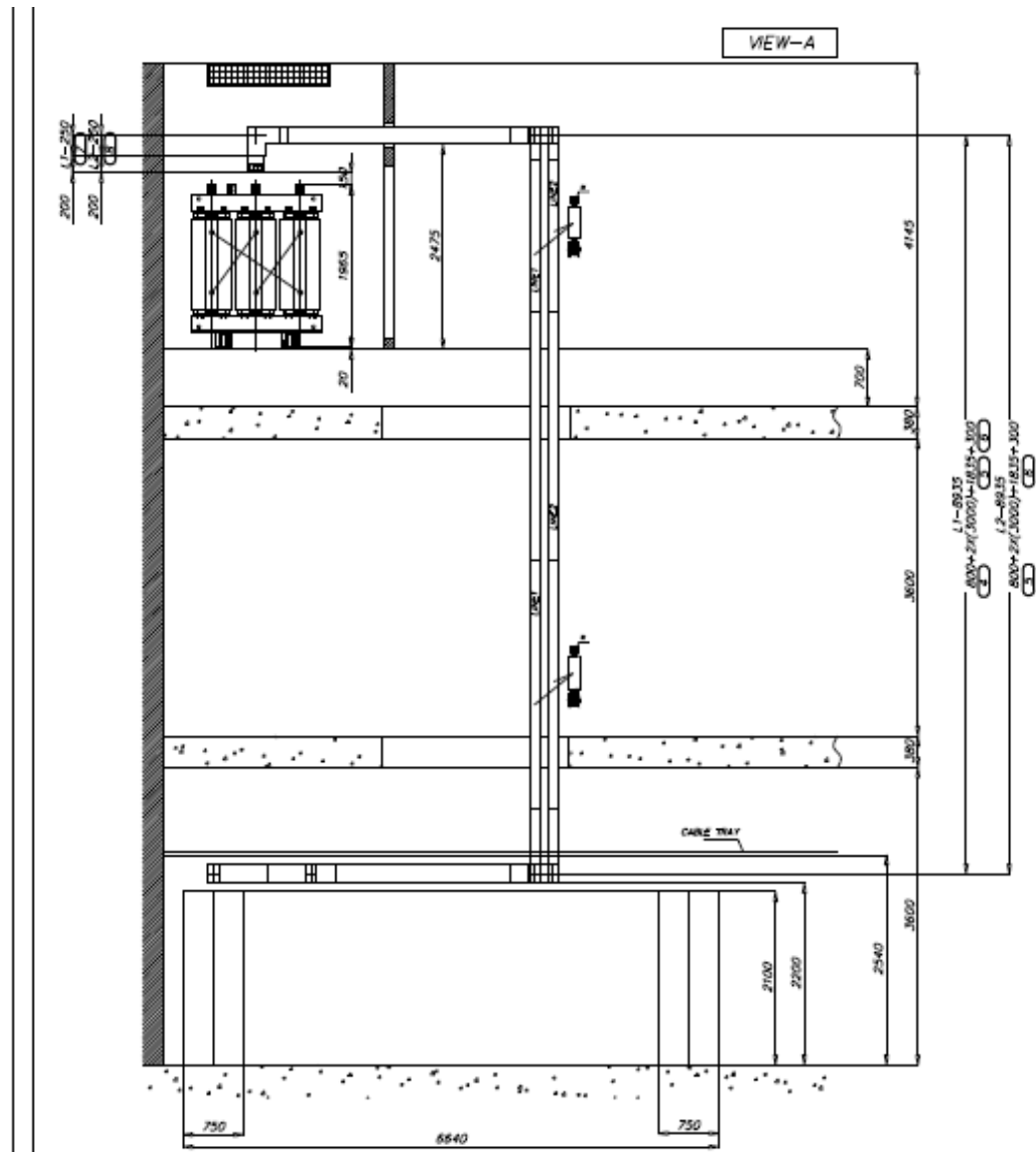
Kuva 90 SCP5Al 1250 A virtakiskon korjattu tehdaspiirustus.[22]

Virtakiskolinja asennettiin suunnitellusti lähtö- ja tulopisteen välille ja se oli täysin oikean mittainen joka osuudeltaan (kuva 91).



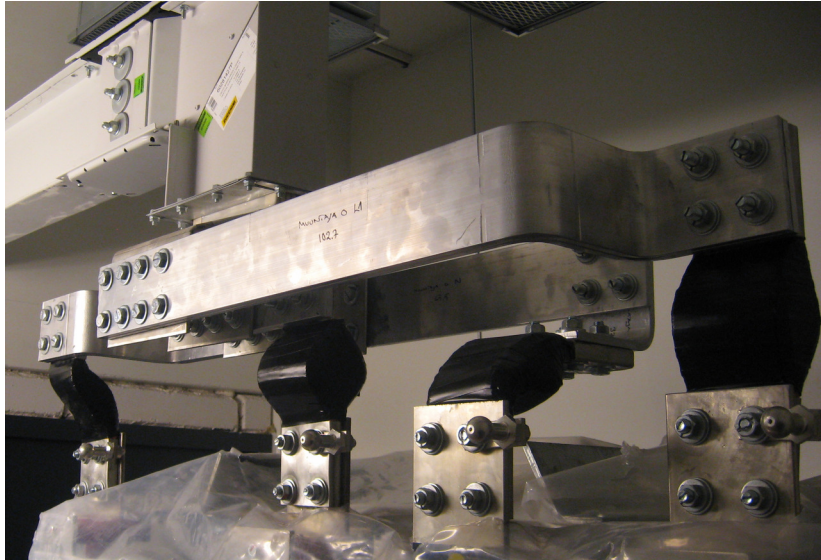
Kuva 91 SCP5Al 1250 A virtakiskolinjan pysty- ja vaakaosa pohjakerroksessa.

Virtakiskolinjojen mitoitus tehtiin projektikohteessa oikein. Kohteeseen asennettiin kolme eri kiskolinjaa, joista yksi kahden pääkeskuksen väliin ja kaksi pääkeskusten ja muuntajien väliseen sähkönsyöttöön. Näissä kahdessa kiskosillassa oli pystynousut 3. kerroksesta 5. kerrokseen, jossa muuntajat sijaitsevat. 5. kerrokseen asennettiin asennuslattia, jonka päälle muuntajat sijoitettiin. Asennuslattia ei ollut paikoillaan mitoituksen aikana vaan siitä annettiin piirustustieto. Saadun tiedon mukaisesti asennuslattian korkeus + 600 mm lattiatasosta huomioitiin mitoituksessa ja siitä tehdystä tehdaspiirustuksessa. Todellinen asennuslattian korkeus oli kuitenkin + 700 mm. Asennuslattian virheellinen korkeustieto vähensi vapaata etäisyyttä kiskolinjojen keskuskappaleiden liittimistä muuntajan alajännitekäämin liittimiin, 250 mm:stä 150 mm:iin (kuva 92).



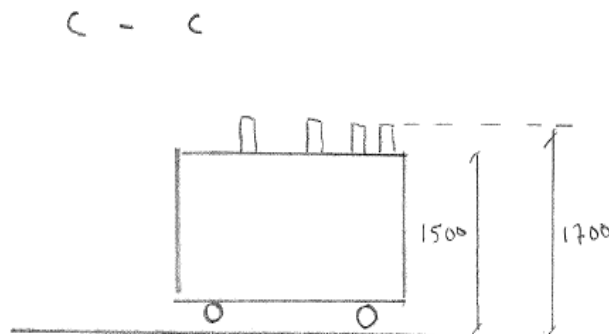
*Kuva 92 SCPAI 2000 A virtakiskolinjojen tehdaspiirustuksen poikkileikkauspii-
rustus.[23]*

Vapaan tilan lyhentyminen vaikeutti kiskolinjojen ja muuntajaa yhdistävien joustavien kuparien asentamista, koska ne jouduttiin vaihtamaan ja muotoilemaan normaalista poikkeaviksi. Asennusaika kasvoi, mikä aiheutti lisäkustannuksia. Projektitoimitus ei kuitenkaan viivästynyt (kuva 93).



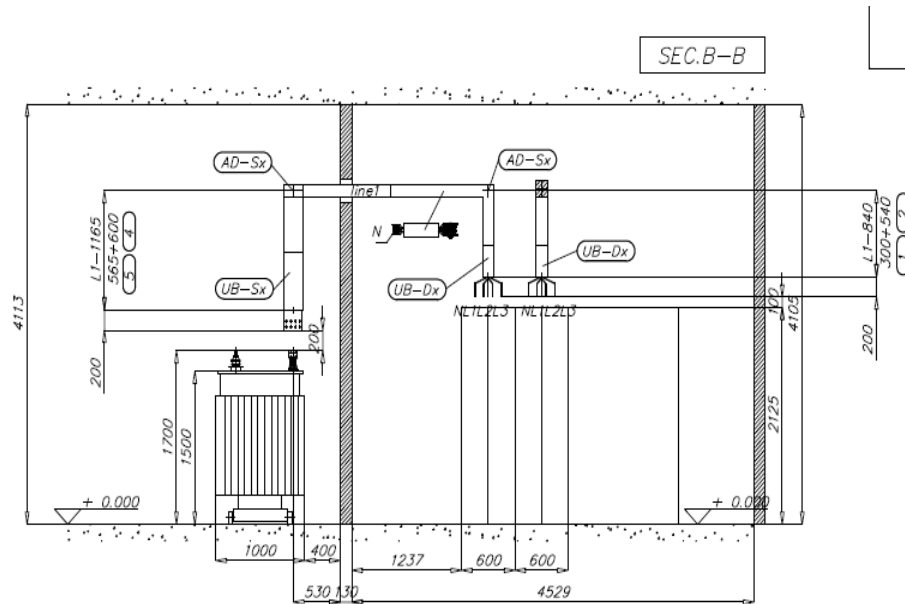
Kuva 93 SCPAl 2000 A virtakiskon keskuskappale kytkettynä muuntajan alajännitekäämin liittimiin joustavilla kupareilla.

Uudella kiskolinjalla korvattiin olemassa oleva suurvirtajärjestelmä pääkeskuksen ja muuntajan välillä. Mitoitus tehtiin muuntajan ollessa jännitteinen. Mitoituksessa tuli mittausvirhe muuntajan liittimen korkeudesta lattiatasoon mitattuna. Alajänniteliittimien korkeudeksi mitattiin 1700 mm. Todellinen korkeus jäi 150 mm lyhyemmäksi, jolloin vapaa etäisyys kiskosillan keskuskappaleen liitännälaipoista muuntajan liittimiin jäi n 50 mm:iin. Mitoitusvirhe johtui mittarullan käytöstä laserin asemesta, millä olisi saatu oikea korkeus kohdistamalla ristilaser muuntajan liittimiin (kuva 94).



Kuva 94 Muuntajan alajännitekäämin liittimien mitoituspiirustus.

Tehdaspiirustuksessa kiskolinjan ja muuntajan alajännitekäämin liittimien etäisyys esitetään virheellisesti, koska mitoitusvirhe on tapahtunut (kuva 95)



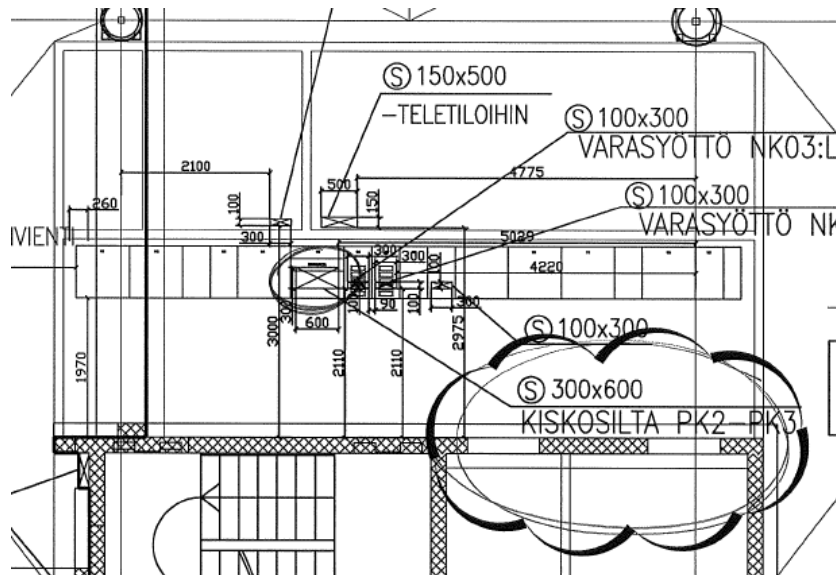
Kuva 95 SCPA1 2000 kiskolinja pääkeskukselta muuntajalle.[24]

Kiskosillan keskuskappaleen ja muuntajan alajännitekäämin liittimien yhdistäminen joustavilla kupareilla vaikeutui huomattavasti, koska vapaa etäisyys liittimien välillä oli virheellisesti liian lyhyt. Joustavat kuparit jouduttiin tekemään uudelleen jo olemassa olevista kupareista. Tämä lisäsi kustannuksia, mutta ei aiheuttanut projektin viivästymistä (kuva 96).



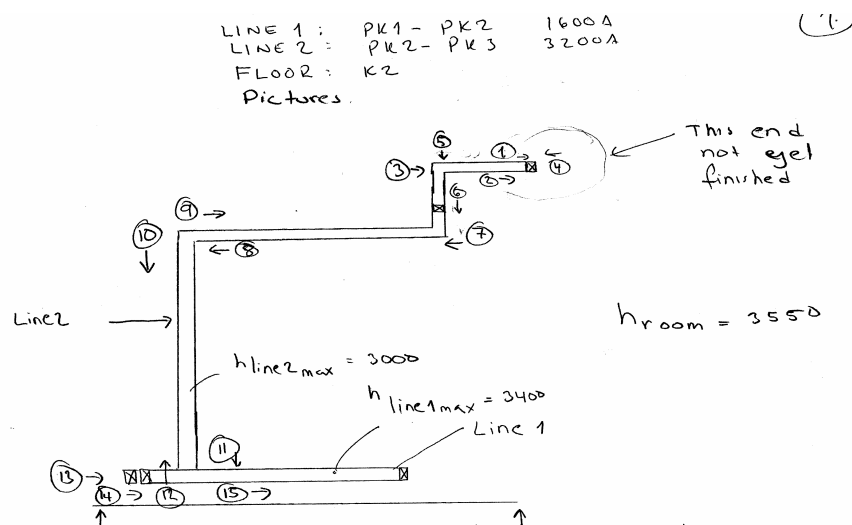
Kuva 96 SCPA1 2000 kiskolinja pääkeskuksen ja muuntajan välillä.

Nimellisvirraltaan 3200 A virtakiskolinja toimii kahden pääkeskuksen PK2 ja PK3 huoltosyöttönä, mikäli käyttötilanne sitä vaatii. Kiskolinja kulkee yhtä kerrosta keskuksia alempana, joten virtakiskon keskuskappaleet liittyvät keskuksiin niiden pohjan ja valulattian kautta tehtyjen reikien kautta. Reikien koko ja suunnan on määritellyt rakennesuunnittelija eikä niitä ole mahdollista laajentaa, sillä valulaatan teräspunoksia ei voi katkaista. Tulopään, PK3:n, reikä on 90 ° kulmassa pääkeskukseen nähden. Reiän koko on 300 mm * 600 mm (kuva 97).



Kuva 97 Tulopään, PK3, reiän koko ja sijainti pääkeskukseen nähden.[25]

Kiskolinjan jonka kokonaispituus on yli 145 metriä, muodostuu kahdesta yli 60 metrin pituisesta suorasta osuudesta ja niitä yhdistävästä kulmakappaleesta sekä lähtö- ja tulopäässä olevista kahdesta yli 15 metrin pituisesta suorasta osuudesta ja kulmakappaleista. Mitoitusta ja tehdassuunnittelijaa varten kiskolinja hahmoteltiin yleisesti ja sen reitiltä otettiin valokuvia yksikäsitteisyyden varmistamiseksi (kuva 98).



Kuva 98 SCPAL 3200 A kiskolinja kellaritasossa.

Sähkösuunnittelija oli määritellyt virtakiskon asennuskorkeuden huomioiden reitillä olevat LVI-linjat. Ennen virtakiskon asennusta tulopäässä oli asennettu kaapelihyllyt, joita ei voinut siirtää.

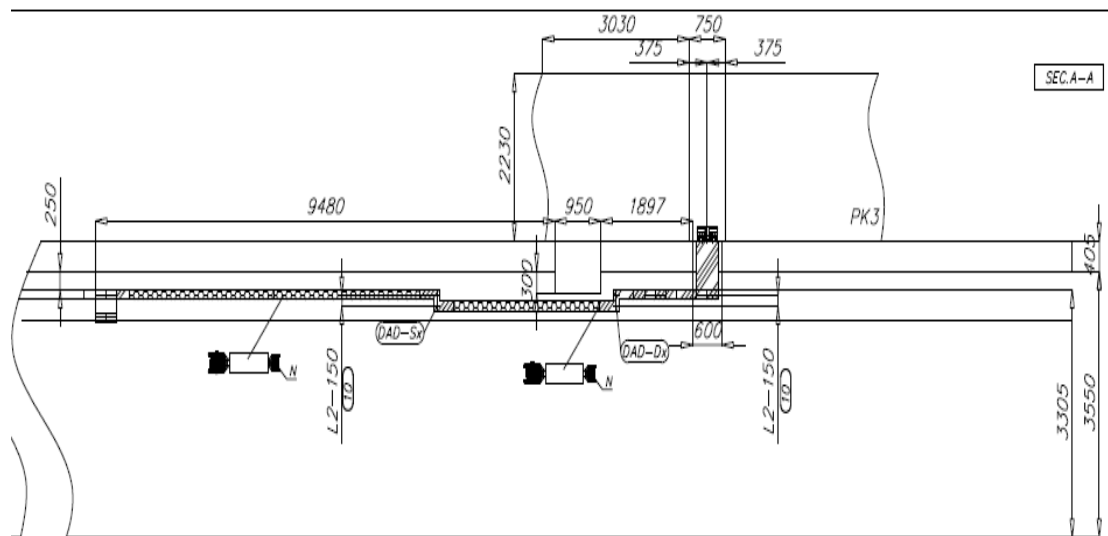
Mitoitus suoritettiin yhtäjaksoisesti lähtöpäästä molempien yli 60 metrin suorien osuuksien jälkeiseen päätepisteeseen, jolloin kiskon etäisyys tulopisteen läpimenoaukoista oli noin 20 metriä. Kiskolinja asennettiin mitoitetulta osuudelta kokonaisuudessaan. Kuvassa 99 oikeassa yläkulmassa kiskolinja on asennettuna kaapelihyllyjen yläpuolella ja sille on varattu käytävä kahden kaapelihyllyn väliin tulopään läpimenoareikää etenemistä kohti. Vapaa asennustila jäi pieneksi, koska jo asennettujen kaapelihyllyjen välinen etäisyys on alle 1,5 metriä ja kiskolinja, leveydeltään 440 millimetriä, kulkee niiden välissä. SCP3200Al virtakiskon paino on 65,4 kg/m, joten kolmen metrin suoran kappaleen käsittely vaatii aina nostolaitteen, mikä edellyttää vapaata tilaa asennuskorkeuden saavuttamiseksi. Nostolaitteen lisäksi asennushenkilöstön on päästävä asennuskorkeuteen, joten tässä kohtaa kiskolinjaa asennus oli ympärillä olevien haittojen takia vaikeaa ja hidasta.



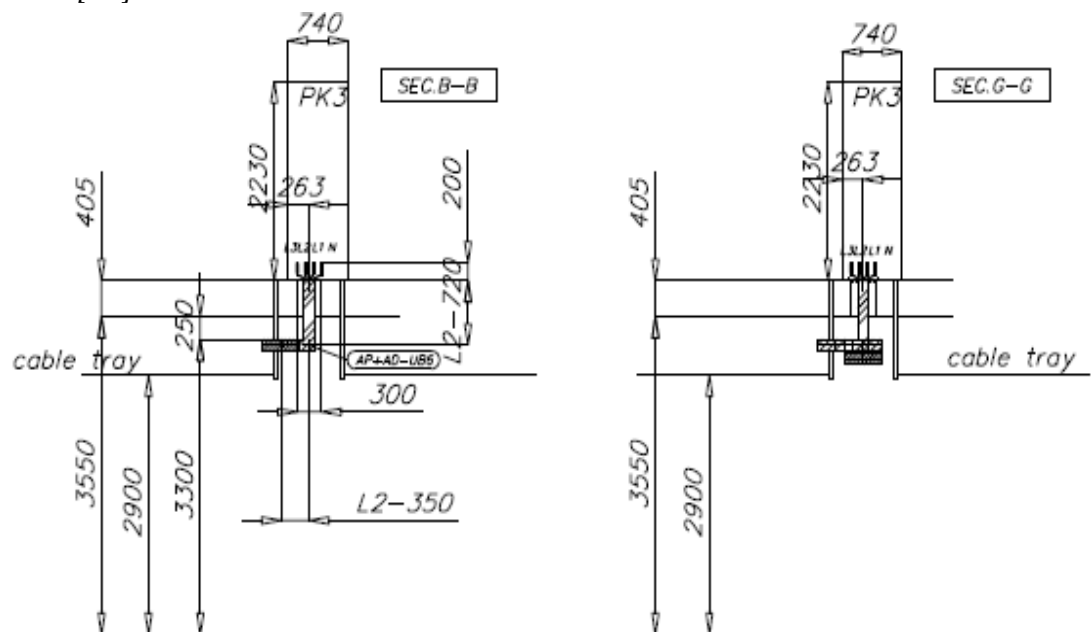
Kuva 99 SCPAl 3200 kiskolinjasta asennettu ensimmäinen mitoitettu osuus.

Mitoitus keskeytettiin tarkoituksella kiskolinjan tähän kohtaan, koska pidettiin liian suurena riskinä mitoittaa koko kiskolinja tulopään läpimenoareikään asti. Keskuskappaleen vaatima tilantarve läpimenoaukon kohdalla oli 270 millimetriä, liittokiskojen leventymisestä, vaikka itse kiskon vaatima tilantarve on 140 millimetriä. Kun läpimenoaukko on 300 millimetriä, niin pieni mitoitusvirhe olisi aiheuttanut uusien kiskokappaleiden mitoittamisen ja tilaamisen. Toimitusprojekti olisi myöhästynyt aikataulusta.

Tehdaspiirustukseen liittyvät poikkileikkauspiirustukset täydentävät tasopiirustusta (kuvat 102 – 103).



Kuva 102 SCPAl 3200 A kiskolinjan tulopään tehdaspiirustuksen 1. poikkileikkauspiirustus.[26]



Kuva 103 SCPAl 3200 kiskolinjan tulopään tehdaspiirustuksen 2. ja 3. poikkileikkauspiirustus.[26]

Kiskolinjan viimeinen kappale muodostuu vaaka- ja pystykulmista, suorasta kappaleesta ja keskuskappaleesta. Mitoituksen onnistumisella asennus tehtiin sovitun aikataulun mukaisesti (kuvat 104 – 105).



Kuva 104 SCPAl 3200 kiskolinjan tulopäää katon läpimenoaukossa.



Kuva 105 SCPAl 3200 kiskolinjan tulopäää katon läpimenoaukossa.

6. DOKUMENTOINNIN JA MITOITUKSEN KEHITTÄMINEN

Virtakiskoprojektissa on riskitekijöitä, jotka aiheuttavat lisäkustannuksia ja toimitusprojektin viivästymistä. Tässä luvussa esitetään toimenpidesuosituksia, joilla riskitekijöiden vaikutuksia voidaan vähentää. Nykyisten toimintatapojen ongelmia sekä parannusesityksiä on selvitetty haastattelemalla sähkösuunnittelijoita, sähköurakoitsijoita sekä kiskolinjoja asentavia työryhmiä. Virtakiskojen esittäminen sähköpiirustuksissa yhdenmukaisin piirrosmerkein selkeyttää kiskolinjan kulkua lähtö- ja tulopisteen välillä. Mitoituksen tarkkuuden ja oikeellisuuden varmistamiseksi tarvitaan tarkat mittalaitteet. Virtakiskolinjan mallintaminen antaa sähkösuunnittelijalle tarkan reittikuvauksen sekä kiskolinjan osapituudet. Virtakiskolinjan sijoittaminen siten, että huomioidaan muut rakennuksessa olevat sähköasennusten rakenteet kuten kaapelihiyllyt, LVI-linjat sekä rakennuksen palkit ja pilarit, voidaan kiskolinjan pituus optimoida. Tällä toimintatavalla tavoitetaan sekä kustannussäästöä kiskokappaleiden lukumäärässä, itse kiskolinjan asentamisessa ja projektiajan lyhentämistä.

6.1. Kysely sähkösuunnittelijoille ja sähköurakoitsijoille

Sähkösuunnittelijoilta ja sähköurakoitsijoilta kysyttiin kokemuksia nykyisistä toimintatavoista lähtien virtakiskon suunnittelusta projektikohteeseen, virtakiskoprojektin kokonaistoimituksesta ja kustannusvaikutuksista. Piirrosmerkkien yhtenäistäminen ja 2-D piirustuksien ongelmat ovat tiedossa ja suunnittelun kehittäminen on tarpeellista. Sähköurakoitsijan kannalta tärkein asia on toteutusprojektin aikataulun onnistuminen.

6.1.1. Kommentteja ja suosituksia sähkösuunnittelijoilta

Sähkösuunnittelijoiden virtakiskolinjojen piirustukset ovat urakkalaskentavaiheessa toteutuspiirustuksia. Virtakiskotoimittajan vastuulla on asennuspiirustuksen tekeminen. Urakkalaskentavaiheessa ei ole tarkkaa tietoa kiskolinjan lähtö- ja tulopäiden liitäntöjen sijainnista, koska liitäntöjen sähkökeskus- muuntaja- tai generaattoritoimittajaa ei ole valittu. Sähkökeskusten kokoa ja kennojen mittoja ei tiedetä joten tarkkaa liityntäpistettä ei voi määritellä. Koska virtakiskojen fyysiset mitat eroavat eri toimittajilla, voidaan urakkalaskentavaiheessa piirtää toteutuspiirustukseen virtakiskolinja yleisesti tiettyyn toimittajaan sitoutumatta.

Standardin mukaista piirrosmerkkiä ei ole käytössä, joten toteutuspiirustuksissa virtakiskolinja merkitään viiteviivoilla ja selitteillä. Virtakiskon piirrosmerkin pitäisi tasopiirustuksissa vastata virtakiskon fyysisiä ulkomittoja, jotta kiskon vaatima tilantarve on huomioitu oikein. Virtakiskon tekniset ominaisuudet esitetään järjestelmän sähkötyöselityksessä.

Virtakiskon piirustusmerkin tulisi erottua selkeästi kaapelihyllyjen ja johtokanavien piirrosmerkeistä sekaannuksen välttämiseksi. Piirustusmerkki ei saa peittää liikaa muita asennuksia tasopiirustuksissa. Viitetieto on aina lisättävä piirrosmerkin viereen. Virranottimista tarvitaan oma piirrosmerkki, jonka fyysiset ulkomitat vastaavat todellisia mittoja.

2-D tasopiirustuksiin liitetään tarvittavat poikkileikkauspiirustukset, joista saadaan virtakiskolinjan korkeuden muutokset ja joissa on mukana LVI-linjat ja kiinteät esteet. 3-D suunnittelu on lisääntymässä koko ajan, huolimatta siitä, että se on vielä vaativampaa tehdä, mutta kiskolinja risteilyt LVI- ja rakennesuunnitelmien välillä on helpommin havaittavissa. 3-D esitystekniikkaan tarvitaan standardoidut symbolit, jotka ovat fyysisesti täysin virtakiskoa vastaavat. Näistä piirustusmerkeistä voidaan muodostaa 3-D piirustuksissa virtakiskolinjaan kiskoblokit, joista kiskolinja muodostuu. 3-D piirustuksessa virtakiskolinjan sijainti ja osapituudet ovat tarkkoja.

6.1.2. Kommentteja ja suosituksia sähköurakoitsijoilta

Virtakiskoprojektit kuuluvat osana sähköurakoitsijan kokonaistoimitukseen. Urakkalaskentavaiheessa sähköurakoitsijalle tarvitaan tieto virtakiskoprojektin kokonaiskustannuksista, jotta se voidaan sisällyttää sähköurakoitsijan kokonaistoimitukseen. Laskentavaiheessa tulee saada riittävän tarkasti laskentatiedot virtakiskolinjan pituudesta. Virtakiskon piirrosmerkkien on oltava selkeitä ja yksikäsitteisiä. 2-D piirustustekniikka ei anna riittävän tarkkaa tietoa virtakiskolinjan korkeusmuutoksista. Virtakiskotoimituksen on pysyttävä sähköurakoitsijan kokonaistoimituksen aikataulussa (liite 3). Tästä poikkeaminen aiheuttaa aina taloudellisia sanktioita.

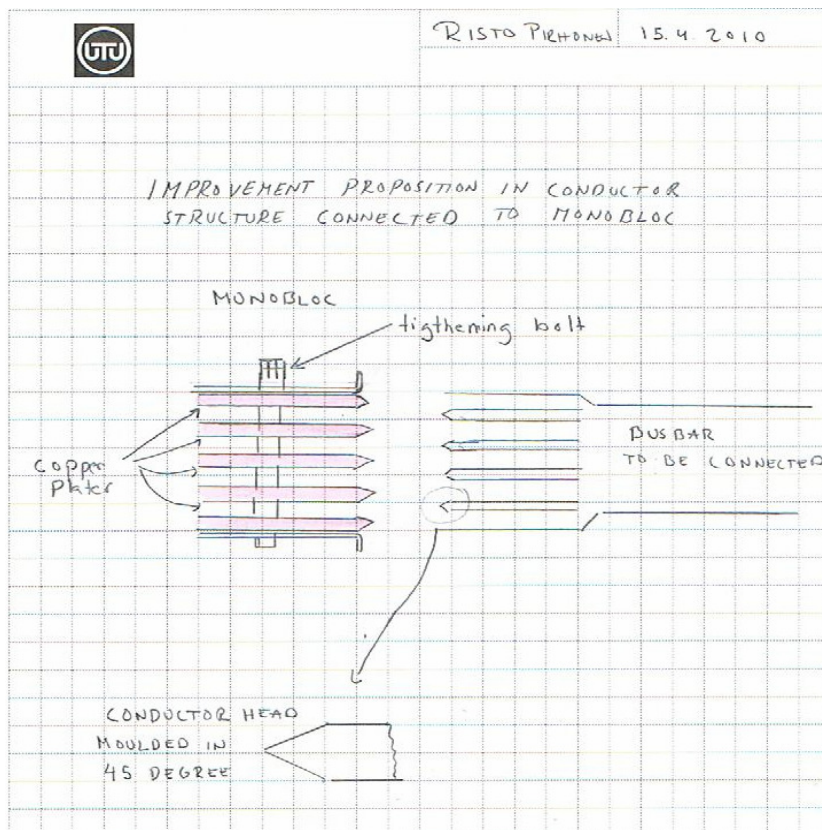
6.1.3. Kiskokappaleiden asennettavuuden parantaminen

Monobloc-liitoksella virtakiskot liitetään toisiinsa. Monoblocissa liitettävän kiskokappaleen johtimen päät ovat suorakaiteen muotoisia, mikä aiheuttaa liitosasennuksessa vastusta (kuva 106). Monoblocin johtimien välisissä eristeosissa on ohjaimia, joista huolimatta liitoksen tekeminen on hidasta. Koska yli 2500 A virtakiskoissa on kaksi Monobloc-liitosta, liitoksen tekeminen on vielä vaativampaa kuin alle 2500 A virtakiskoissa, joissa on vain yksi Monobloc-liitos.



Kuva 106 Monobloc-liitokseen liitettävät kiskokappaleen johtimet.

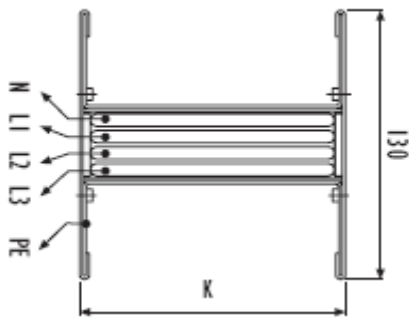
Liitosjohtimien rakenteeseen ehdotetaan muutosta, missä johtimien päät lovetaan 45 asteen kulmaan kummaltakin puolelta. Muutoksella johtimet ohjautuvat helpommin oikeaan asennuskohtaan ja asennusaikaa säästyy merkittävästi (kuva 107).



Kuva 107 Monobloc-liitokseen liitettävät kiskokappaleen johtimien päiden muotoilu.

6.2. Virtakiskojen piirrosmerkki sähköpiirustuksissa

Virtakiskojen piirrosmerkkien standardoimattomuus vaikeuttaa piirustusten tulkintaa. Tasopiirustuksissa kaapelihyllyn symbolin käyttö virtakiskona ilman oikeaa fyysistä mitta-aiheuttaa virheen virtakiskon sijoittamisessa asennusympäristöön. Virtakiskoilla ei voida tehdä joustoja asennuksessa kuten kaapelihyllyillä. Virtakiskon piirrosmerkin rasterin on erottava selkeästi kaapelihyllyn rasterista. Tasopiirustusten poikkileikkauspiirustuksissa virtakiskon piirrosmerkin on vastattava fyysisiin ulkomittoihin. Virtakiskon poikkileikkauspiirustuksessa kiskon pystykorkeus on 4-johtimisella virtakiskolla 130 mm ja 5-johtimisella virtakiskolla 140 mm. Kiskon leveys H on 130 – 480 mm nimellisvirran mukaisesti (kuva 108). Poikkileikkausprofiili voidaan hahmottaa H-kirjaimen muotoiseksi, jolloin fyysisen ulkomittojen muotoa voidaan kuvata suorakaiteen muotoisella piirrosmerkillä



Kuva 108 SCPA1 virtakiskon poikkileikkauspiirustus.[4]

Jotta virtakiskojen piirrosmerkistä saadaan yksikäsitteinen ja selkeä, siitä pyydetään lausunto Neuvottelevien Sähkösuunnittelijoiden (NSSRY) kehitysryhmältä. Lausuntopyyntö on lähetetty huhtikuussa 2010.

6.3. Mitoituksesta mallinnukseen

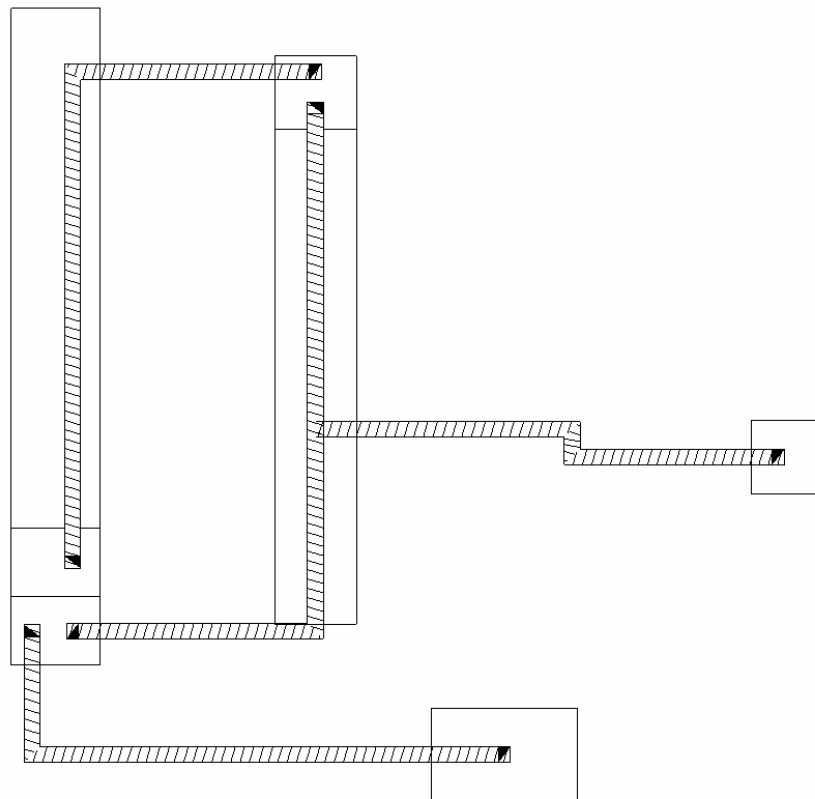
Virtakiskojen mitoituksen tarkkuuden parantaminen vaatii tarkempia virtakiskolinjojen piirustuksia kuin nykyisillä toteutuspiirustuksilla voidaan toteuttaa. Tietomallipohjaisia 3-D suunnitteluohjelmia, mitkä perustuvat tuotemallikirjastoihin, on saatavilla ja niillä kiskolinjan sijoittaminen asennusreitille ja osapituudet saadaan tarkasti. Jotta tietomallipohjaista suunnitteluohjelmaa voidaan soveltaa virtakiskoihin, käyttösovellukseen on luotava piirrosmerkistö jokaiselle virtakiskolle nimellisvirran mukaisesti, jotta ne vastaavat fyysisesti virtakiskon ulkomittoja.

Mitoituksen muuttaminen mallinnukseksi parantaa virtakiskolinjan sijoittamisen tarkkuutta ja kiskolinjan osapituudet saadaan ohjelman laskennan kautta. Mallinnuksella tehdyt piirustukset voidaan suoraan tarkastaa projektikohteessa lasermittalaitteilla. Täysin vertailukelpoiset mitoitus tulokset mallinnuspituuksiin saadaan, kun

virtakiskolinjan korkeusmuutoksien vaatimat läpimenot pilareihin ja palkkeihin on tehty, jolloin mitoitus suoritetaan täysinä osapituuksina.

Kymdata Oy:n CADS Planner Electric – sovellusohjelmalla 2-D tasopiirustusten kuvat muuntuvat 3-D malliin [27]. Nykyinen ohjelmaversio mahdollistaa virtakiskolinjan simuloimisen, mitoittamisen ja piirtämisen virtakiskon keskilinjaa mukaan käyttäen johtokanava-symbolikirjastoa. Keskilinjapiirustuksen ero todelliseen virtakiskolinjan mittaan on $0,5 \times$ virtakiskon korkeus tai $0,5 \times$ virtakiskon leveys asennustavan mukaan. Tämä ero huomioidaan laskennallisesti kiskolinjan pituudessa.

Mallinnus-prosessi havainnollistetaan kahden pääkeskuksen ja muuntajien välillä ja siinä hyödynnetään olemassa olevaa tasopiirustusta (kuva 109).



Kuva 109 Virtakiskolinjat pääkeskusten ja muuntajien välillä.

Piirustukseen sijoitetaan keskukset ja muuntajat piirto-toiminnalla. Toiminnalla tuotetaan 2-D kuvaa, mutta samalla annetaan 3-D mallinnusta varten tarvittavat korkeustiedot (kuva 110).

Keskusten määrittely

Kokotiedot

Leveys (mm): 7170

Syvyys (mm): 970

Korkeus (mm): 2230

Sijoituskorko: 2230

Aiemmin käytetyt koot:

- 1600*1000*1879
- 6200*894*2230
- 7170*970*2230**
- 800*800*2269

Symboli

Pinta-asennus

Uppoasennus

Tunnus

Keskustunnus: PK1

☒ Tunnus kuvaan

☐ Viiteviiva

Syöttö...

Järjestelmä

SH222_ Normaalijakelujärj., Keskukset

Poista listasta OK Peruuta Ohje

Kuva 110 Virtakiskolinjan liitäntäpisteiden, keskusten ja muuntajien ulottuvuuksien määrittely.[27]

Kiskolinjojen pysty- ja vaakaosuus määritellään kumpikin erikseen. Johtokanavat piirtotoiminnolla määritetään kiskolinjan jokainen vaakaosuus erikseen (kuva 111).

Johtokanavat / -kourut

Kokotiedot

Syvyys (a): 170 mm

Korkeus (b): 130 mm

Sijoituskorkeus (h): 3288 mm

Rasteri

☐ ☒ ☐ ☐

☐ Harvennettu jako

Piirtolinja

☒ Reuna

☐ Keski

☐ Teksti kourun päälle

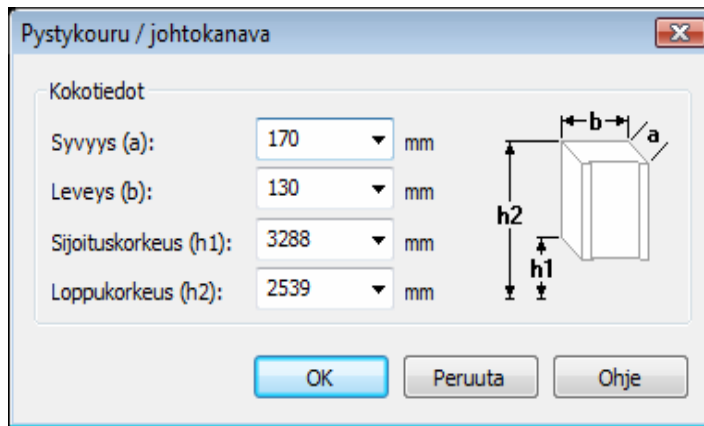
Teksti:

☒ Autom. kulmien paikkaus

OK Peruuta Ohje

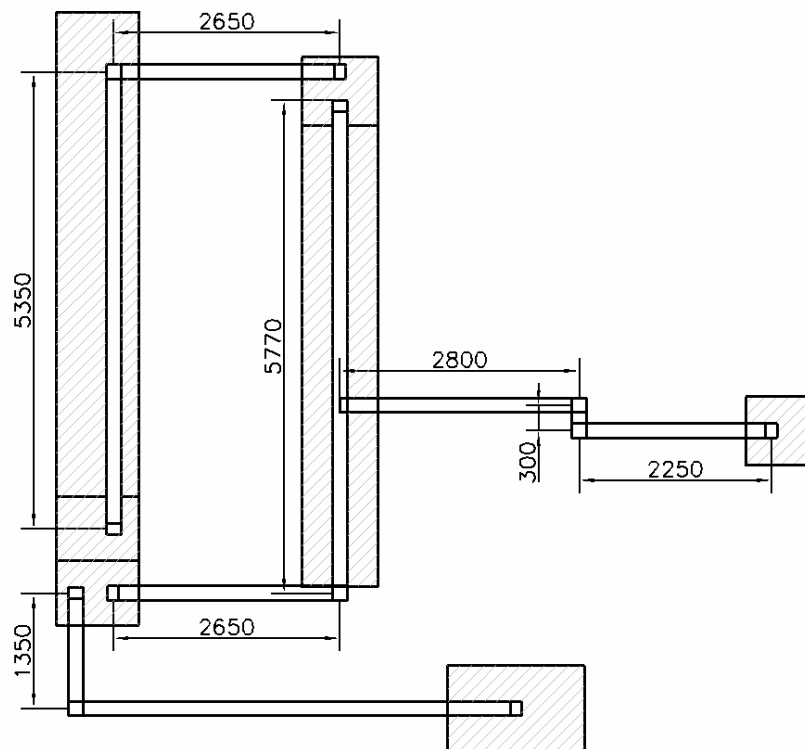
Kuva 111 Virtakiskolinjan vaakaosuuksien määrittäminen.[27]

Virtakiskolinjan pystyosuudet määritellään vastaavasti jokainen erikseen (kuva 112).



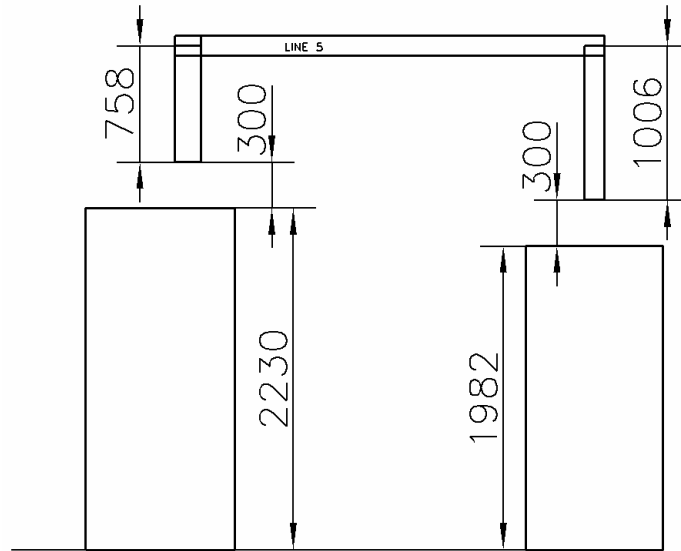
Kuva 112 Virtakiskolinjan pystyosuuksien määrittäminen.[27]

Tämän jälkeen 2-D kuva generoidaan 3-D kuvaksi. Kuva mitoitetaan ylhäältä päin mitoitustoimintojen ja keskipisteen avulla (kuva 113).



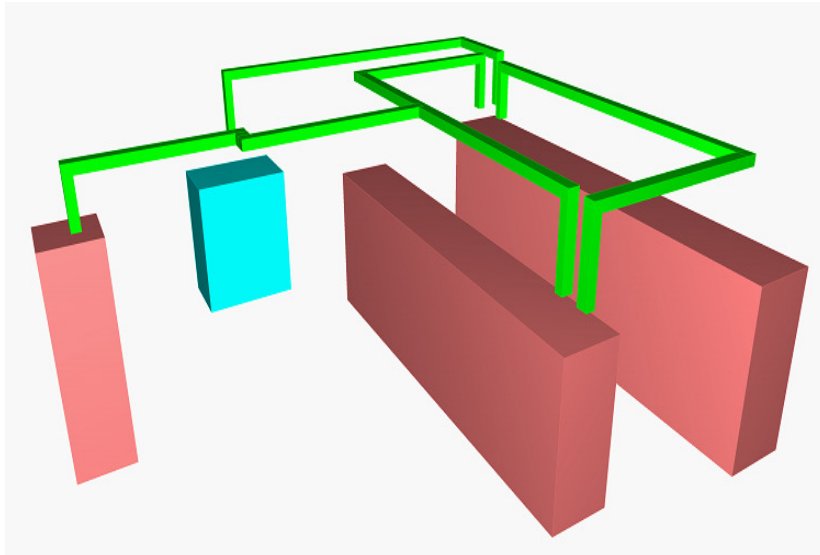
Kuva 113 Virtakiskolinjat ylhäältä päin mitoitettuna.[27]

Kuva mitoitetaan sivustapäin katsottuna mitoitustoimintojen ja keskipisteen avulla (kuva 114).



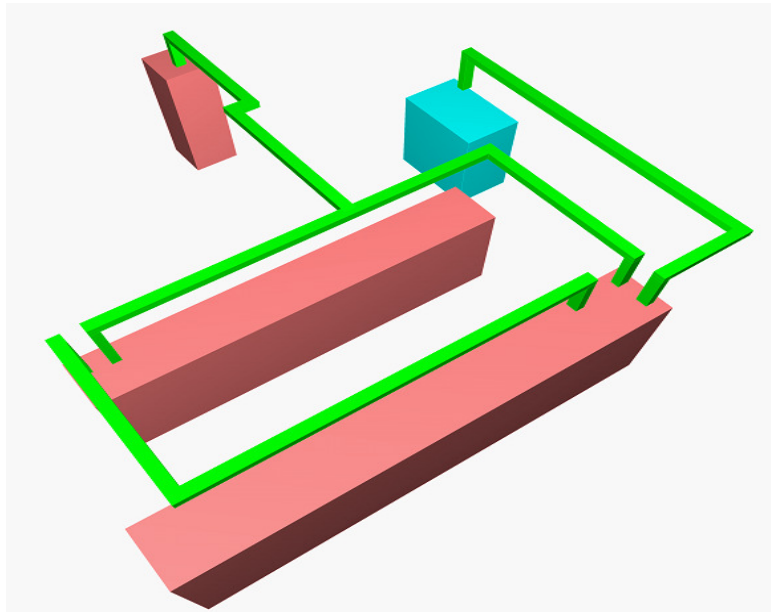
Kuva 114 Virtakiskolinjat sivusta päin mitoitettuna.[27]

2-D piirtoelementit poistetaan ja kuva muunnetaan 3-D piirustukseksi, jota voidaan kääntää haluttuun suuntaan (kuvat 115–116).



Kuva 115 Virtakiskolinjojen yksinkertaistettu 1. 3-D piirustus.[27]

3-D piirustusta voidaan kääntää haluttuun tarkastelusuuntaan ja näin tutkitaan koko kiskolinja optimireitin saavuttamiseksi (kuva 116).



Kuva 116 Virtakiskolinjojen yksinkertaistettu 2. 3-D piirustus.[27]

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Virtakiskojen käyttö sähkönsiirrossa muuntajilta ja generaattoreilta keskuksiin, eri keskuksien välillä ja nousukeskuksien sähköjakelijana on lisääntynyt merkittävästi viime vuosien aikana. Vanhojen rakennusten saneeraaminen, joissa sähköön kuormitettavuus kasvaa sekä käytettävissä olevien tilojen ahtaus on yksi merkittävä tekijä, mikä lisää virtakiskojen käytettävyyttä kaapelointiin nähden. Sähkösuunnittelijoiden tietoisuuden ja kokemusten lisääntyminen virtakiskoista, on nostanut virtakiskojen käyttöastetta toteutusprojekteissa.

Virtakiskot ovat tietty osa rakennushankkeen toimitusprojektia. Toimitusprojektien aikataulut on tarkasti suunniteltu ja niistä poikkeaminen aiheuttaa viivästymisiä ja ongelmia, jotka haittaavat sähköurakoitsijan ja urakoitsijaan liittyvien aliurakoitsijoiden toimintaa. Ennen projektin luovutusta suoritettavat toimintakokeet on tehtävä sähkönsyötön lopullista reittiä pitkin, joten ajallinen toimitusvarmuus virtakiskotoimitukselle on suuri. Nykyiset menetelmät tarjouslaskennassa, virtakiskojen dokumentoinnissa sähköpiirustuksissa ja virtakiskoprojekteissa mahdollistavat erilaisia virheiden todennäköisyyksiä, jotka aiheuttavat projektien viivästymisiä ja taloudellisia lisäkustannuksia.

Tämän työn tarkoituksena on ollut tutkia virtakiskojen dokumentointia sähköpiirustuksissa sekä toimitusprosessiin liittyvää virtakiskolinjojen mitoittamista tehdaspiirustuksia varten. Työssä on esitelty virtakiskokomponenttien osat, mitoituksen suorittaminen projektikohteessa ja vertailtu tehdaspiirustuksia sähkösuunnittelijoiden toteutuspiirustuksiin. Nykyisillä toimintatavoilla suoritettuja mitoituksen ongelmia on osoitettu ja niistä aiheutuvia ongelmia, kuten toimitusprosessin viivästymistä, osoitettu. Virtakiskolinjojen asentamisen toimintatapaa on kuvattu ja niissä käytettävien mittalaitteiden etuja. Koska virtakiskokomponentteja ei voi lyhentää tai pidentää ja ne toimitetaan millimetrin tarkkuudella, tarkoilla lasermittalaitteilla mitoitus ja virtakiskolinjan oikea sijainti saadaan onnistumaan.

Työtä varten on haastateltu useita sähkösuunnittelijoita ja sähköurakoitsijoita, jotka ovat kiinteästi mukana virtakiskoprojekteissa. Näiden haastattelujen perusteella on saatu paljon tietoa nykyisistä ongelmista virtakiskojen dokumentoinnista sähköpiirustuksissa. Insinööritoimistoissa ollaan siirtymässä 2-D suunnittelusta 3-D suunnitteluun ja tämä luo hyvän työkalun virtakiskolinjan suunnitteluun ja esittämiseen sähköpiirustuksissa.

Työn tuloksina esitetään kolmea asiaa. Virtakiskojen oman piirustusmerkin kehittäminen, Monobloc-liitoksen parantaminen sekä virtakiskojen mallintaminen 3-D piirustuksia varten. Virtakiskojen oman piirustusmerkin käyttö selkeyttää niiden havaitsemista sähköpiirustuksissa. Virtakiskojen rakenteeseen ehdotetaan muutosta,

mikä toteutuessaan parantaa asennettavuutta ja sen avulla saadaan kustannussäästöjä. Mallintamisen avulla päästään virtakiskolinjan osapituuksien tarkkoihin pituuksiin, mikä vähentää merkittävästi mitoitusvirheitä ja tätä kautta toimitusprosessin viivästymisiä ja taloudellisia kustannuksia virtakiskotoimittajalle.

Mallintamista on tutkittu CADS Planner Electric- sovellusohjelmalla ja sen ominaisuuksia tullaan parantamaan, jotta ne sopivat virtakiskojen kuvauksiin 3-D piirustuksissa. Tulevaisuuden tavoitteena on saada jokaisesta virtakiskolinjasta osapituuksien luettelo, johon keräytyy automaattisesti listaus kiskokappaleiden lukumäärästä ja pituustiedoista.

7.1. Virtakiskojen esittäminen 2- D sähköpiirustuksissa

Tarjouslaskennan toteutuspiirustuksissa virtakiskojen esittäminen yksiselitteisesti, niille varatulla piirrosmerkillä, on välttämätöntä. Piirrosmerkin on erottava selkeästi kaapelihyllystä käytettävästä piirrosmerkistä. Toteutuspiirustuksissa piirrosmerkki on yleisluontoinen, eikä sitä rinnasteta tietyn virtakiskovalmistajan fyysistä mallia vastaavaksi, koska toteutusvaiheessa ei ole tietoa, kenen valmistajan virtakiskoa käytetään projektissa.

Sähkösuunnittelusta vastaavat sähköinsinööritoimistot tekevät kehitystyötä koko suunnittelua koskevissa asioissa ja sitä varten niillä on yhteistyöorganisaatio, Neuvottelevat Sähkösuunnittelijat, joihin kuuluu merkittävä osa sähkösuunnittelutoimistoista. Jotta virtakiskon piirustusmerkki saadaan harmonisoitua, NSS Ry:n kehitystyöryhmältä pyydetään lausunto. Lausunnossa pyydetään kannanottoa siihen, mikä on virtakiskon piirrosmerkki, mitä tietoa piirrosmerkkiin tulee liittää ja miten esitetään virtakiskojen korkeusmuutokset tasopiirustuksissa. Myönteisen lausunkäsittelyn jälkeen, piirrosmerkkiä päästään määrittelemään.

Standardoidulla piirrosmerkillä virtakiskolinja lähtö- ja tulopisteen välillä on selkeä. Sähkösuunnittelija hahmottaa virtakiskolinjan paremmin kaapelihyllysten ja muiden linjojen suhteen ja risteilyongelmia muiden linjojen kanssa voidaan vähentää. Sähköurakoitsijalla on mahdollisuus tehdä laskentavaiheessa virtakiskolinjamuutoksia, jotka ovat niin teknillisesti kuin taloudellisesti parempia kuin suunnitteluvaiheen kiskolinja. Virtakiskotoimittaja saa paremman kokonaiskäsityksen virtakiskolinjan eri osapituuksista ja korkeuden muutoksista aiheutuvat osapituudet eivät jää havaitsematta.

7.2. Mittalaitteiden käyttö kiskolinjan mitoituksessa ja asentamisessa

Tarkkojen mittalaitteiden käyttö virtakiskolinjan mitoituksessa ja asennuksessa, on välttämätöntä, jotta kiskolinja saadaan suunnitellulle paikalle ja asennusvirheistä ei tule viiveitä toimitusaikatauluun. Kompaktirakenteisten virtakiskojen osat muodostuvat

yhden millimetrin tarkkuudella valmistetuista kiskokomponenteista. Kiskolinjat muodostuvat eri osapituuksista, kulmista ja korkeudenmuutoksista, joten mitoitus- tai asennusvirhe aiheuttaa kiskolinjaan muutoksen, mikä vaatii uusien kiskokomponenttien hankkimisen tai kiskolinjan purkamisen ja uudelleen asentamisen.

Lasermittalaitteilla on riittävä mittaustarkkuus kiskolinjan osapituuksien etäisyysmittauksiin, koska niillä mittaustarkkuus on vähintään yksi millimetri. Ne voidaan vakauttaa mittausreitille, jolloin mitoitusvirhettä ei tule lasersäteen virheellisestä kohdistamispisteestä. Ristilinjaserillä kiskolinjan asentaminen suunnitellulle reitille on turvallista ja riski linjan virheasennukseen pienenee, koska kaksi lasersädetä kohdistuu samanaikaisesti pysty- ja vaakatasoon.

Lasermittaustekniikan käyttö vähentää kiskolinjan asennusaikaa, mikä tuo kustannussäästöä virtakiskoprojektissa.

7.3. Virtakiskon rakenteen muuttaminen

Kiskolinja muodostuu useasta eri kappaleesta. Jokainen kappale liitetään seuraavaan Monobloc-liitoksella. Liitettävän kiskokappaleen johtimien liitospinnan muotoileminen suorakulmaisesta viistokulmaiseksi parantaa asennettavuutta, koska liitettävän kappaleen ohjattavuus liitoksessa helpottuu. Parannusesitys on lähetetty virtakiskojen valmistajalle. Lyhentyvällä kytkentäajalla saadaan kustannussäästöjä asennuksessa.

7.4. Virtakiskolinjan mallintaminen 2-D piirustuksista 3-D piirustuksiin.

Virtakiskolinjojen mallintaminen sähköpiirustuksiin mahdollistaa kiskolinjan tarkan sijoittamisen projektikohteen rakenteisiin. Mallintamista varten tarvitaan virtakiskokomponenteista tarkka tuotemalli, josta virtakiskon fyysiset ulkomitat selviävät.

Mallinnuksen avulla virtakiskolinja voidaan jakaa eri osapituuksien muodostamaksi kokonaisuudeksi. Osapituuksista muodostetaan luettelot, joissa esitetään niissä käytettävät kiskokomponentit, kiskokomponenttien lukumäärä ja niiden pituudet. Näiden tietojen perusteella voidaan koko kiskolinjassa käytettävät kiskokomponentit laskea yhteen ja tarkasti arvioida kiskonlinjan kokonaiskustannukset komponenteista asentamiseen. Mallintamisen avulla nähdään myös kiskolinjan reitillä olevat asentamista hidastavat esteet, läpimenot ja mahdolliset muiden linjojen kiertämiset.

Koska virtakiskon poikkileikkauskuvio muistuttaa H-kirjaimen rakennetta, mietitään riittääkö suorakaiteen muotoinen poikkileikkauskuvio, sillä se rajaa riittävästi virtakiskon vaatiman pituus- ja korkeustilan. Nyt virtakiskolinja voidaan mallintaa kuten kaapelihyllyt, mutta tämä mallinnus ei ole vielä riittävän tarkka. Ongelmana on pysty- ja vaakakulmien todellisten mittojen esittäminen mallinnuksessa, koska nykyinen

ohjelmaversio suorittaa vain yhteenlaskutoimituksia, joten kulmakappaleissa pituusmitta voi kahdentua ja on näin epätarkka. CADS Planner Electric-sovellusohjelmaan seuraavaan versioon on tavoitteena saada muutokset, jotka toteutuessaan mallintavat kiskolinjan osapituudet täysin oikein. Lisätavoitteena on myös kiskolinjan kulkureitille tulevien rakenteiden läpimenoaukkojen kokojen määrittäminen, mitä tietoa rakennesuunnittelija ja rakennusurakoitsija tarvitsevat suunnitteluvaiheessa ja rakennusurakoinnissa.

LÄHTEET

- [1] EMC ja rakennusten sähkötekniikka.1997. Espoo. Sähkötieto Ry.198 s.
- [2] IEC EN 60439-2. Low voltage Switchgear and controlgear assemblies Part2 : Particular requirements for busbar trunking systems.Geneve.2005. IEC Central Office. 33 p.
- [3] SFS- 60617. Sähkökaavioiden piirrosmerkit. Helsinki 2004. Sesko Ry. 1750 s
- [4] High Power SCP- HR-EDM. Catalogue 08/09 2009. Brescia. Zucchini SpA. 198 p.
- [5] Zucchini Spa.Super Compact. Brescia.2004.Esitelmä.17 s.
- [6] Teleconsulto Tsutsunen Oy. Ryhmityspiirustus. Helsinki.2006. Tarjouspyyntö. 1 s
- [7] Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. Kellarikerros kiskosillat. Helsinki 2007. Tarjouspyyntö 1 s
- [8] Insinööritoimisto Sir-Sähkö Oy Kellari Sähköpisteet ja johdotukset. Helsinki. 2007. Toteutuspiirustus 4 s
- [9] Pöyry Building Services Oy. Sähkölaitteet K1-kerros sähköpääkeskustila. Espoo. 2008. Toteutuspiirustus. 10 s
- [10] Pöyry Building Services Oy. Sähkölaitteet K1-kerros sähköpääkeskus poikkileikkaus Espoo. 2008. Toteutuspiirustus. 10 s
- [11] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Tapiola PK2 lines 3-5. Brescia. 2009. Tehdaspiirustus. 3 p
- [12] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Life Science Center lines 1-3. Brescia. 2008. Tehdaspiirustus. 2 p
- [13] Megakojeisto. Technopolis Oyj. Kuopio. 2009. Pääkeskuksen työpiirustus. 1 s
- [14] Insinööritoimisto Tampereen Sähkösuunnittelu. Technopolis Oyj Sähkölaitteiden sijoitus K1-kerros. Tampere. 2009. Toteutuspiirustus. 2 s
- [15] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Technopolis Oyj lines 1-2. Brescia. 2009. Tehdaspiirustus. 2 p

- [16] Sähkökunnossapidon mittauksia.[WWW] Opetushallitus.[viitattu 10.4.2010]. Saatavissa:
[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_b14_sahkoku
nnossapidon_mittauksia.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_b14_sahkoku
nnossapidon_mittauksia.html)
- [17] Lämpökamerakuvaus.[WWW] Priimax Oy. [viitattu 10.4.2010]. Saatavissa:
<http://www.priimax.fi/lampokuvausesite.pdf>
- [18] Rakennusten magneettikenttien mittaaminen.[WWW] Säteilyturva-keskus.2003 [viitattu10.4.2010] Saatavissa:
http://www.stuk.fi/julkaisut/katsaukset/pdf/rakennusten_magneettikentat.pdf
- [19] Insinööritoimisto Veikko Vahvaselkä Oy. Sähkötilat laitesijoitukset. Helsinki. 2009. Toteutuspiirustus. 2 s
- [20] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Life Science Center line 6. Brescia. 2008. Tehdaspiirustus. 2 p
- [21] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Life Science Center lines 4-5. Brescia. 2008. Tehdaspiirustus. 2 p
- [22] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Digita. lines 1-3. Brescia. 2010. Tehdaspiirustus. 2 p
- [23] Crespiatico, G. Zucchini SpA. OYS. lines 1-3. Brescia. 2010. Tehdaspiirustus. 2 p
- [24] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Prisma Länsipori lines 1-2. Brescia. 2010. Tehdaspiirustus. 2 p
- [25] Finnmap Consulting Oy. K2 Kellarin katto Taso + 5700. Helsinki. 2008. Varauspiirustus 2 s
- [26] Crespiatico, G. Zucchini SpA. Tapiola PK2 line 1. Brescia. 2009. Tehdaspiirustus. 3 p
- [27] CADS Planner Electric [WWW].Kymdata Oy. .[viitattu 10.4.2010] Saatavissa: http://www.cads.fi/products/?page=cads_planner_electric

LIITE 2 VIRTAKISKOJEN KOESTUSPÖYTÄKIRJA



UTU ELEC Oy

☒ KISKOSILLAN KOESTUSPÖYTÄKIRJA
☐ KÄYTTÖÖNOTTOPÖYTÄKIRJA

Kaupallinen käsittelijä

Päiväys

Projektinumero

R. Pirhonen

12.2.2010

Asiakas/kohde:

Sartavalan Sähkö / OYS

Koestus käsittää seuraavat laitteet:

L2 : NS - PK 17.2 - PM2 SCPA1 2000A, 3L+PEN

1. SILMÄMÄÄRÄISET TARKASTUKSET

- 1.1 Kuljetus-/maalivauriot ☒ _____
1.2 Kosketussuojaus ☒ _____
1.3 Koteloitiluokka ☒ _____
1.4 Kiskosillan puhtaus ☒ _____
1.5 Ilmavälit ☒ _____
1.6 Eristeosien kunto ☒ _____

2. LIITOKSET

- 2.1 Liitokset kojeistoon ☒ _____
2.2 Liitokset muuntajaan ☒ _____
2.3 Muut liitokset ☒ _____
2.4 Kiskoliitosten kireys ☒ _____
2.5 Vaihejärjestys ☒ _____
2.6 Maadoitukset ☒ _____

3. RIPUSTUKSET/KANNATTIMET

- 3.1 Kannattimien riittävyys ☒ _____
3.2 Suojaetäisyydet ☒ _____
3.3 _____ ☐ _____
3.4 _____ ☐ _____
3.5 _____ ☐ _____

4. MUUT

- 4.1 _____ ☐ _____
4.2 _____ ☐ _____
4.3 _____ ☐ _____
4.4 _____ ☐ _____
4.5 _____ ☐ _____

5. SUOJAMAADOITUS (PE)

6. KISKOSILTAAN JÄI PUUTTEITA

7. KISKOSTOON JÄI TILAPÄISKYTKENTÖJÄ

☒

☐ Kyllä

☒ Ei

☐ Kyllä

☒ Ei

8. ERISTYSVASTUS 500 V. meggeri

- 8.1 Mittalaitteen toiminta ☒ _____
8.2.1 L₁ - L₂ min. > 999 MΩ
8.2.2 L₂ - L₃ min. > 999 MΩ
8.2.3 L₁ - L₃ min. > 999 MΩ
8.3.1 L₁ - maa > 999 MΩ
8.3.2 L₂ - maa > 999 MΩ
8.3.3 L₃ - maa > 999 MΩ

- 8.4.1 L₁ - N _____ MΩ
8.4.2 L₁ - N _____ MΩ
8.4.3 L₁ - N _____ MΩ
8.5 N-maa _____ MΩ

9. JÄNNITEKOE

_____ kV, _____ Hz 1s
Nimellisarvo _____ kV

10. KÄYTETTY MITTALAITTEET

No Laite Tyyppi Valmistaja
155 Megger BM 21 AVO

11. HUOMAUTUKSET

Tarkastuksen suoritti

Tarkastuksen hyväksyi

Liitteitä _____ kpl

UTU ELEC Oy
PL 20
28401 ULVILA

Kmro 234 709 Y-tunnus 1707402-2
Puh. 02 550 800

22.5.2008
Käyttöönottopöytäkirja

LIITE 3 VIRTAKISKOT OSANA KOKONAISPROJEKTIA

